

Universitat d'Alacant

Esta tesis doctoral contiene un índice de la misma.

Universidad de Alicante

Existen asimismo botones de retorno al índice al principio y final de cada uno de los capítulos.

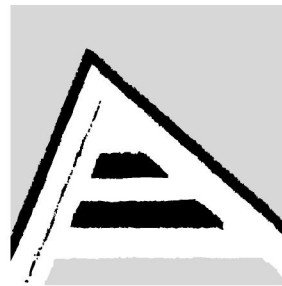
[Ir directamente al índice](#)

Para una correcta visualización del texto es necesaria la versión de [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriores

Aquesta tesi doctoral conté un índex que enllaça a cadascun dels capítols. Existeixen així mateix botons de retorn a l'índex al principi i final de cadascun dels capítols .

[Anar directament a l'índex](#)

Per a una correcta visualització del text és necessària la versió d' [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriors.



PROGRAMA DE D
DESARROLLO SOSTENIBLE CONSERVA
MANEJO FORESTAL

Universitat d'Alacant
UNIVERSIDAD DE ALI
UNIVERSIDAD de Alicante
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO. CUBA.
CENTRO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

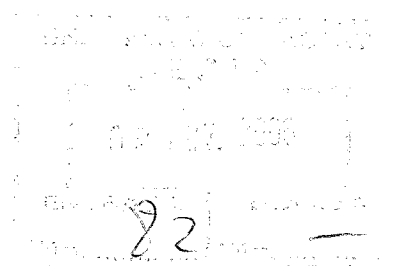
**ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN INTRAESPECÍFICA
PARA *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y
Golfari.**

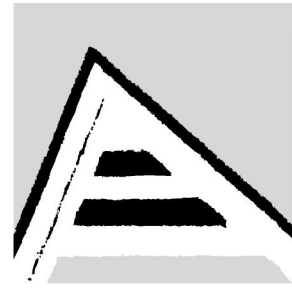
**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN
CIENCIAS ECOLÓGICAS**

Autor: MSc. Yudel García Quintana.

**Directora: Dra. Gretel Geada López. Universidad Pinar del Río.
Tutores: Dr. Antonio Escarré. Universidad de Alicante.
Dr. Luis Gil. Universidad P. de Madrid.**

**Pinar del Río, Cuba
2006.**





Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

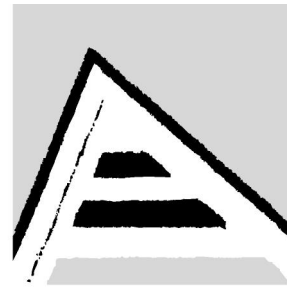
A LA MEMORIA DE MI ABUELITO
JUAN Y A MI PEQUEÑA Y QUERIDA
HIJA SAMANTHA POR DARME
FUERZAS PARA SEGUIR A DELANTE

AGRADECIMIENTOS



- A mi madre, mi novia Liseyda y mi hija Sany, por darme vida y brindarme todo su apoyo, amor y comprensión en los momentos más difíciles, sin el apoyo de ellas creí que no podía alcanzar este objetivo.
- A mis hermanos, mis tías y mi prima por darme las fuerzas para continuar superándome en la vida y por ser tan especial conmigo.
- A mi directora de tesis Dra. Gretel Geada López y mi tutor Dr. Antonio Escarré por todo su apoyo, comprensión y por todos sus conocimientos.
- A la Universidad de Pinar del Río y a la Universidad de Alicante por brindarme esta posibilidad y por todo el apoyo recibido y dedicación para la culminación de este trabajo.
- A mis compañeros del Departamento Forestal y del Decanato de la Facultad de Forestal y Agronomía.
- A todos mis amigos y compañeros que siempre me han apoyado y han estado pendiente de la evolución de este trabajo, en especial a Ilya, Milagros, Suriel, Nailé, Sadys, Martha Bonilla, Maribel, Maricela, Marielle, Yoel, Yatsunarys, Héctor, Soto, Iris, Wilfredo y a mis alumnos, en particular a Hazy.
- A los compañeros de la Delegación de la Agricultura, las EFI, la EFF y en particular al Grupo Territorial de Ordenación Forestal y al SEF.
- A todos aquellos que con esmero me han ayudado en la culminación de esta tesis. A todos Muchas gracias.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

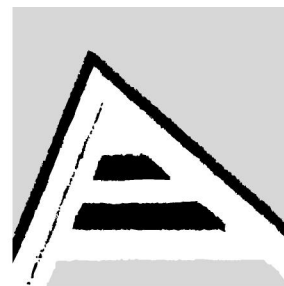


Resumen

En este trabajo se estableció una intraespecífica de la especie *Pinus caribaea* Golfari, basado en la caracterización de morfológico, ecofisiológico y genético en especie, evaluando un total de 8 poblaciones.

La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar y La Güira como unidades de conservación, Galalón, como unidades significativas de evolución, Cajálbana, Marbajita, La Jagua y Viñales como unidades de manejo y una nueva categoría para la especie (unidades especiales de conservación) relacionada con su programa de mejoramiento genético.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

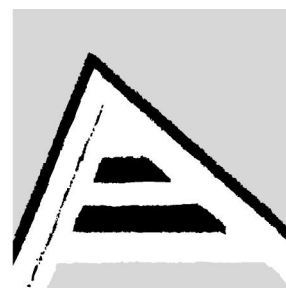


INDICE

INTRODUCCIÓN

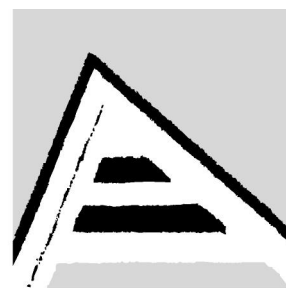
1	Contexto actual de la conservación genéticos forestales.	
1.1	Características generales del territorio	
1.1.1	Características físico-geográficas de Cuba.	
1.1.2	Principales aspectos edafo-climáticos del país.	7
1.1.3	Características de la flora y el patrimonio forestal de Cuba.	9
1.2	La especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	11
1.2.1	Variedades de la especie.	11
1.2.2	Características generales de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	12
1.2.2.1	Características botánicas	12
1.2.2.2	Ciclo fenológico y período de recolección de semillas.	14
1.2.2.3	Adecuación a la estación.	14
1.2.2.4	Usos de la madera.	15
1.2.3	Distribución geográfica de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	15
1.3	Conservación de los recursos genéticos forestales.	16
1.3.1	Situación de los recursos forestales en el mundo y en Cuba.	16
1.3.2	La Conservación de los recursos genéticos forestales en Cuba. Composición y métodos.	20
2.3.2	Categorías de conservación en Cuba. Situación actual de las Áreas Protegidas.	27
2	Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	32
2.1	Introducción	32

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



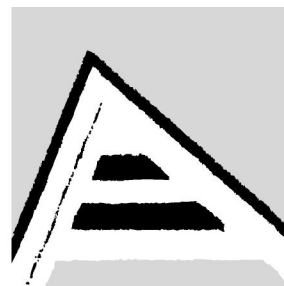
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.2	Materiales y métodos.	
2.2.1	Ubicación geográfica del área c	
2.2.2	Toma de información sobre dir naturales de la especie.	
2.2.3	Metodología para la evaluació conservación de las masas nat	
2.2.4	Entrevista aplicada a espe forestal.	
2.2.5	Procesamiento estadístico.	45
2.3	Resultados y discusión.	46
2.3.1	Dinámica de plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	46
2.3.2	Dinámica de bosques naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	47
2.3.2.1	Superficie cubierta por formación de pinares.	47
2.3.2.2	Superficie cubierta por <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	48
2.3.2.3	Incrementos dasométricos en la especie.	50
2.3.2.4	Utilización de la especie.	50
2.3.2.5	Patrimonio genético de la especie en unidades asociadas a programas de mejora.	51
3.3	Estado actual de conservación de las áreas naturales de la especie.	52
3.3.1	Actualización de las áreas de distribución natural de la especie.	52
3.3.2	Estado actual de conservación.	53
3.4	Conclusiones	59
3	Ecofisiología de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	60
3.1	Introducción	60
3.2	Materiales y Métodos	73
3.2.1	Procedimiento para la caracterización edafoclimática.	73
3.2.1.1	Datos de clima.	73



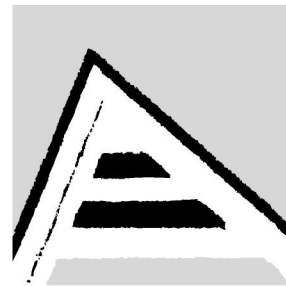
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3.2.1.2	Métodos para el cálculo de χ químicas del suelo.	
3.2.1.3	Clasificación genética de los su	
3.2.2	Medidas de intercambio gaseos	
3.2.3	Medidas de Potencial hídrico.	
3.2.4	Medidas de Transpiración cutic	
3.2.5	Procesamiento estadístico.	
3.3	Resultados y discusión.	86
3.3.1	Caracterización edafoclimática de las poblaciones naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	86
3.3.1.1	Caracterización climática.	86
3.3.1.2	Caracterización física y química del suelo por localidades.	87
3.3.2	Medidas de intercambio gaseoso en la especie.	90
3.3.2.1	Curvas de CO ₂ . Estudio de caso, ambiente de Viñales.	90
3.3.2.2	Curvas de luz. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.	91
3.3.2.3	Curvas de fotosíntesis y transpiración de evolución en el tiempo.	92
3.3.2.3.1	Conductancia estomática.	94
3.3.3	Superficie de anchura.	96
3.3.4	Potencial hídrico.	96
3.3.5	Transpiración cuticular.	98
3.3.5.1	Curvas de pérdidas de peso.	98
3.3.5.2	Transpiración cuticular.	99
3.3.6	Correlaciones entre atributos ecofisiológicos.	101
3.4	Conclusiones.	103
4	Variabilidad morfológica y genética en <i>Pinus</i> <i>caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	104
4.1	Introducción.	104
4.2	Materiales y Métodos.	114
4.2.1	Evaluación del fenotipo.	114



4.2.2	Parámetros morfológicos.	
4.2.3	Procesamiento estadístico	
4.3	Resultados y discusión.	
	Variabilidad fenotípica en pob	
4.3.1	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	
	Variabilidad morfológica en	
4.3.2	<i>caribaea</i> .	
	Agrupaciones entre las poblaciones de estudio a	
4.3.3	nivel ecofisiológico y morfológico.	132
4.4	Conclusiones	134
	Estrategia de conservación intraespecífica para	135
5	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	
5.1	Introducción.	135
5.2	Estrategia de conservación.	140
	Lineamientos generales para el diseño de programas	
5.2.1	de gestión y estrategias de conservación.	140
5.2.2	Marco legislativo.	142
5.2.3	Diseño de la Estrategia de conservación.	143
	Conclusiones Generales	147
	Bibliografía	148
	Anexos	

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Introducción

El hombre en su interacción con la naturaleza que ésta le brindaba para garantizar su existencia, los conocimientos adquiridos le permitieron un manejo de las necesidades, su visión se fue transformando en un uso, conservación y manejo de los recursos.

La conservación de la vida en la Tierra y la gestión bajo un punto de vista global, se ha convertido en un reto imprescindible para la perpetuación del hombre como ser vivo, sin embargo, esto no impide la extinción de especies, la pérdida de hábitat, la fragmentación de los ecosistemas, y en general la pérdida de la diversidad biológica.

Según Alía *et al.* (2003), la importancia que la sociedad concede a la diversidad biológica se ha visto incrementada en la última década, en parte debido a la firma de la Convención de la Diversidad Biológica en 1993 y a la demanda social de espacios naturales de recreo y ocio. Hay una creciente preocupación por la pérdida de especies y hábitat, la erosión de la diversidad bajo un impacto humano cada vez mayor y la modificación de los procesos que la modelan. Al mismo tiempo, existe un desafío marcado por la complejidad de los ecosistemas y por la ignorancia de los mecanismos que sustentan la diversidad biológica.

La conciencia cada vez más generalizada de la importancia de los recursos forestales y la necesidad de su gestión ha de efectuarse de acuerdo a los principios de sostenibilidad, lo cual ha supuesto el inicio de múltiples acciones encaminadas a la conservación de estos recursos.

Los bosques, en particular los tropicales ocupan un lugar destacado en los esfuerzos encaminados a la conservación de la diversidad biológica. Se ha estimado que la mitad de la biodiversidad del mundo está contenida en los bosques y que probablemente más de las 4/5 partes de muchos grupos de plantas y animales se encuentren en los bosques tropicales (CIFOR/UNESCO, 1999), citado por (Toledo, 2004).

Las actividades humanas tienden a destruir la estabilidad de los ecosistemas y con ésta viene acompañada una desaparición de las especies que allí se encuentran. Así el ecosistema se vuelve menos complejo, provocando menor

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

estabilidad y mayor posibilidad de perder es (1994), citado por (Toledo, 2004).

Según Leal (2000), el mantenimiento de la estructura y función de la composición, estructura y función de las comunidades, poblaciones, y especies, y de las escalas de tiempo y espacio.

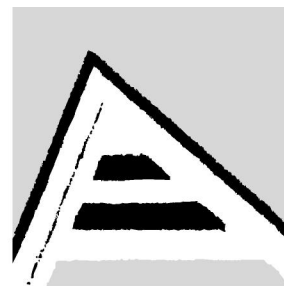
La diversidad biológica es el fruto de millones de años por los procesos naturales y cada vez más (Colectivo de autores, 2003).

La conservación de la diversidad biológica no escapa de los problemas apremiantes y sin soluciones aparentes de finales del siglo XX, lo que contrasta con los avances científico-técnicos alcanzados en diversas esferas afines del conocimiento y que aún no han permitido establecer vías de gestión sostenible, a pesar incluso de los esfuerzos realizados por diferentes instituciones y organismos nacionales e internacionales, donde se convocó a la comunidad internacional a participar del Convenio para la Conservación de la Diversidad Biológica, del cual la República de Cuba es firmante (Álvarez, 2002).

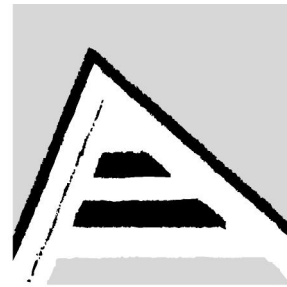
La biodiversidad del mundo es un producto de millones de años de evolución y las fuerzas evolutivas que han conducido al estado actual siguen operando y crearán la biodiversidad del futuro o su ausencia. La biodiversidad está compuesta de los recursos genéticos del mundo y para manejarlos efectivamente hay que medir sus niveles y patrones de variación (Frankel *et al.* 1995; citado por Furnier 2004). Entiéndase por recursos genéticos, unidades biológicas con variabilidad heredable, de valor presente o potencial (Álvarez, 1992).

La conservación y utilización racional de los recursos forestales constituye un importante desafío de carácter global, por cuanto conseguir un adecuado equilibrio entre la utilización y conservación de estos recursos representa un aspecto crucial para el desarrollo (Quédraogo, 1997; citado por Gutiérrez, 2003).

Importantes recursos genéticos forestales están amenazados como consecuencia de la deforestación tropical y la pérdida de recursos genéticos. A pesar de todo, la preocupación mundial sobre la reducción de los bosques tropicales tiene que traducirse todavía en acciones concretas en varios países.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Aunque la conservación y la ordenación y utilización forestales encabezan las listas de prioridad sobre los efectos de la deforestación y explotación incontrolada y otras amenazas forestales, constituye un importante vacío en las instituciones nacionales, regionales e internacionales y estrategias apropiados para la conservación y asegurar e incrementar la contribución del sector

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

las comunidades locales y en favor de las economías nacionales. Para que sea eficaz, la conservación de los recursos genéticos forestales tiene que integrarse en el marco general de la ordenación forestal sostenible. Es fundamental contar con un mejor conocimiento de los factores clave para llevar a cabo una conservación *in situ* firme y a largo plazo, de la diversidad genética de las poblaciones de árboles forestales (Salam, 1999).

El archipiélago cubano, conformado por la Isla de Cuba y de la Juventud y más de 1.600 cayos, ocupa una superficie de 110.982 Km. y 5.746 Km. de costas, con una población de 11.038,602 habitantes, dividido en 14 provincias y 169 municipios, con una densidad poblacional de 100 hab/Km². La flora cubana presenta una gran diversidad, provocada por la complejidad de las condiciones físico-geográficas y su diferenciación espacial que conforman un mosaico ecológico, con gran riqueza de especies (cerca de 8000), incluida dentro de estas alrededor de 600 especies, 4 macizos montañosos y 2 sistemas de cayerías, Los Canarreos y Sabana Camagüey (Álvarez, 2002).

La Ley Forestal, aprobada en la Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, el 21 de Julio de 1998, define en su artículo 3 que "Integran el Patrimonio Forestal los bosques naturales y artificiales, los terrenos destinados a esta actividad, las áreas deforestadas con condiciones para la actividad forestal, así como los árboles de especies forestales que se desarrollen en forma aislada o en grupos, cualesquiera que sea su ubicación y tenencia (Servicio Estatal Forestal, 1999).

La Ley No. 85, Ley Forestal, el Reglamento de la ley y el Decreto No. 268, son los instrumentos jurídicos que constituyen la legislación básica forestal de la República de Cuba, para garantizar la conservación y desarrollo de su patrimonio forestal sobre las más amplias y modernas concepciones de

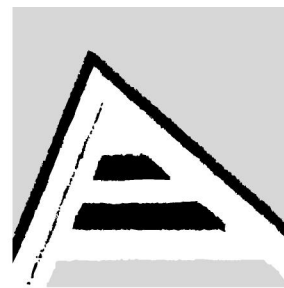
sostenibilidad, siendo además el soporte cumplimiento del Programa Nacional de Desarrollo Forestal, 1999).

La política forestal del país se ha encaminado de forestación y reforestación a gran escala empleen un gran número de especies forestales

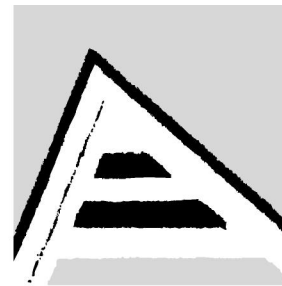
llevadas a áreas de su hábitat natural, pero su distribución natural, tal es el caso de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*

Barret y Golfari, valiosa especie de rápido crecimiento, endémica del occidente del país, con gran plasticidad ecológica y considerada la especie de excelencia en los planes reforestación a lo largo de Cuba. La misma ha presentado problemas de manejo, ya que en muchas ocasiones se establece en sitios donde ella no debe permanecer, y en los últimos años sus poblaciones naturales se han visto afectada por diferentes causas, fundamentalmente por incendios forestales, aprovechamiento maderero y los huracanes que frecuentemente afectan esta región y aunque se han iniciado una serie de actividades encaminadas a fortalecer su conservación y utilización sostenible, la experiencia práctica ha demostrado que aún existen dificultades en este sentido, notándose una reducción casi total de su área de distribución natural, siendo reportada en estado vulnerable en la lista preliminar de *Pinus* en extinción por la Comisión de la UICN, en 1994, y más recientemente en la Lista Roja de la Flora Vascular Cubana (Berazaín *et al.* 2005). Estos elementos han servido para identificar como **problema principal** de esta investigación, el deterioro de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, siendo el **objeto de estudio** las poblaciones naturales de esta especie.

Por lo anteriormente expuesto se formula la siguiente **hipótesis**: si se establece una estrategia de conservación para la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, basada en la caracterización de la variabilidad existente en cada población a nivel morfológico y genético, así como en aspectos de autoecología de la especie y se identifican categorías de conservación en la especie, como resultado de los estudios en la misma, entonces, se garantizará la preservación del genofondo.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Teniendo como **objetivo general**: Estable
intraespecífica para *Pinus caribaea* var. *ca*
específicos:

- Caracterizar el estado actual, c
poblaciones naturales de *Pinus carib*
- Caracterizar atributos ecofisiológicos
- Analizar la variabilidad existente en
genético.
- Definir unidades de conservación, unidades especiales de conservación,
unidades significativas de evolución y de manejo en la especie.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La **novedad científica** de esta investigación responde a la actualización de
las áreas de distribución natural de la especie, así como a la definición de
categorías de conservación para la especie.

Su **aporte teórico** está fundamentado en la definición conceptual de las
unidades especiales de conservación y el **aporte práctico** consiste en la
elaboración de la estrategia de conservación para la especie en estudio.

Para el logro de estos resultados esta tesis doctoral, se ha estructurado de
la siguiente manera:

Introducción.

Capítulo 1. Contexto actual de la conservación de los recursos genéticos
forestales.

Capítulo 2. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de
las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Capítulo 3. Ecofisiología de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Capítulo 4. Variabilidad morfológica y genética de *Pinus caribaea* var.
caribaea.

Capítulo 5. Estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea*
var. *caribaea*.

Conclusiones Generales.

Capítulo 1. Contexto actual de la conservación forestales.

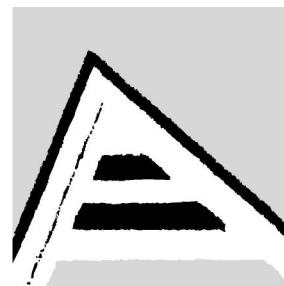
1.1 Características generales del territorio

1.1.1 Características físico-geográficas del territorio

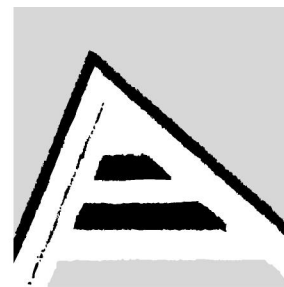
El archipiélago cubano constituye la porción antillana, en medio de los continentes de América y Europa. Se encuentra entre los 23° 17' 9" (Cayo Cruz del Padre, al norte de Matanzas) y los 24° 42' 30" (Cabo del Inglés, cerca de Cabo Cruz) de latitud Norte y los 81° 47' 30" (Cabo Quemado, Maisí) y los 84° 57' 7" (Cabo San Antonio) de longitud (CITMA, 1998).

Está formado por la Isla de Cuba, la mayor de las islas, con 109 850 Km², la Isla de la Juventud, segunda en tamaño, con 2 200 Km² y 1 600 pequeñas islas, cayos e islotes que abarcan 3 715 Km², para un total de 110 922 Km², representando el 0,8 % de las tierras emergidas del planeta, lo que lo ubica en el decimoquinto lugar entre los mayores archipiélagos del mundo (Del Risco, 1995).

La Isla de Cuba mide 191 Km. en su parte más ancha y 31 Km. en la más estrecha; la longitud de su costa es de 5 746 Km., posee 13 bahías de importancia y 635 cuencas hidrográficas de variables extensiones (CITMA, 1998). En cuanto a la geología, Cuba está formada en gran medida por rocas carbonatadas, con edades que oscilan entre el Jurásico y el Cuaternario, encontrándose la topografía cársica muy extendida y presentando una gran variedad morfológica. El relieve de la isla está condicionado, por su posición en la zona de interacción de las placas de América del Norte y El Caribe, su ubicación en el borde septentrional de la zona de los bosques tropicales periódicamente húmedos y la influencia de las oscilaciones paleoclimáticas del Cuaternario. Ello determina la heterogeneidad, la complejidad, el carácter y el desarrollo de sus elementos morfoestructurales y esculturales. La mayor parte del área del archipiélago es llana u ondulada, con menos de 100 m de altitud, pero tiene cuatro macizos montañosos de importancia, todos en la Isla de Cuba, que abarcan una extensión territorial de 1 959 400 ha, o sea, el 18 % de la superficie total del archipiélago (Del Risco, 1995), ellos son:



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

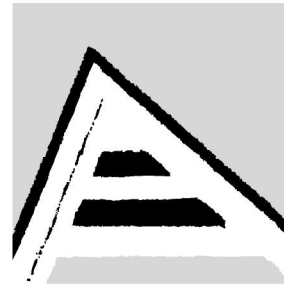
1. Sagua-Baracoa, dividido por ríos que forman 10 grupos orográficos. Esta región, desde el punto de vista orográfico, tiene un desarrollo y evolución más importante. Tiene la mayor cantidad de especies endémicas y los más importantes macizos boscosos del país.
2. Sierra Maestra, la mayor cordillera en longitud y un ancho de hasta 30 m. Esta región también es variada desde el punto de vista geológico y climático. Es un centro importante de desarrollo y evolución de la flora, con numerosas especies endémicas y en ella se asientan diferentes tipos de bosques (Del Risco, 1995).
3. Guamuhaya, con una composición geológica bastante variada, está dividido en dos zonas montañosas: la Sierra de Trinidad, con el Pico San Juan y las alturas de Sancti Spíritus (Del Risco, 1995).
4. Cordillera de Guaniguanico, dividida en las Alturas de Pizarras y las Sierras del Rosario y los Órganos, cuyo punto culminante es el Pan de Guajaibón. Esta última está constituida por calizas jurásicas muy duras y a causa de sus lomas de formas cónicas (mogotes), se considera como uno de los sistemas montañosos cársicos más bellos de los trópicos. Tiene gran importancia como centro de evolución y desarrollo de la flora de Cuba, con una buena cantidad de especies endémicas (Del Risco, 1995; CITMA, 1998).

1.1.2 Principales aspectos edafo-climáticos del país.

La composición, características y distribución de los bosques, según Del Risco (1995), están determinados por la interrelación de los diferentes factores ambientales, biológicos e históricos. Se puede afirmar que los factores más importantes son los climáticos y los edáficos.

Temperatura.

Se reporta por Del Risco (1995), que entre los factores climáticos más importantes se encuentran la temperatura, el agua y el aire; siendo de éstos, la luz el factor más importante para las actividades fisiológicas de los vegetales.



Sin embargo, la homogeneidad de su desempeño un papel determinante en la distribución de éstos. Según Borhidi (1996) anuales en las zonas llanas tienen poca región sur-oriental oscilan entre 27°C y hasta la central promedian entre 25°C y 26°C la región occidental.

Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Lluvia.

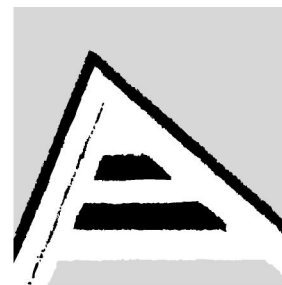
Las lluvias varían desde menos de 500 mm en la región costera sur oriental entre Maisí y Guantánamo, hasta más de 3 000 mm en la zona montañosa entre Baracoa y Moa. En cuanto a la distribución territorial, hay diferencias marcadas, pues mientras en las zonas llanas orientales las lluvias medias anuales varían entre 700 y 1 300 mm, éstas aumentan hacia el oeste, y en la región occidental la media está entre 1 400 y 1 600 mm. En general, en las zonas montañosas, las precipitaciones son mayores que en las zonas llanas aledañas (Del Risco, 1995).

Suelo.

Con relación a la influencia de las características del suelo en el desarrollo de la vegetación, Del Risco (1995), refiere que entre los principales factores ecológicos que determinan el desarrollo de la vegetación se encuentra el suelo, su material de origen y su humedad. Señala además este autor, que en los bosques, la influencia del subsuelo es mayor que en cualquier otro sitio de vegetación, puesto que normalmente las raíces de los árboles penetran hasta él y se abastecen allí de nutrientes, cuando en las capas superiores del suelo escasean éstos a causa de su empobrecimiento por un exceso de lluvia. Por la misma razón, para los bosques, el poder de retención de agua en el suelo no es tan decisivo, ya que las raíces de los árboles pueden entrar en contacto con el manto freático.

En Cuba, los suelos se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con el material de origen (Del Risco, 1995):

1. Suelos derivados de roca caliza. Son comprende tres grupos.
2. Suelos derivados de roca ígnea ultrabásica de serpentinita, la cual ejerce una gran morfología de la vegetación.
3. Suelos derivados de roca silíceas.



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

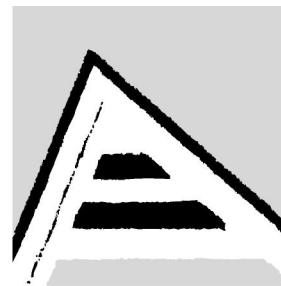
Altitud y topografía.

La mayor parte del área del archipiélago es de topografía llana a ondulada, con menos de 100 m de altitud, pero tiene cuatro macizos montañosos. En el nordeste se encuentra el Macizo de Sagua-Baracoa con su punto culminante que es el Pico de Cristal con una altitud de 1 231 m. Hacia la parte sureste se encuentra la Sierra Maestra, la cual constituye la mayor cordillera montañosa del archipiélago, con su montaña más alta, el Pico Turquino, con 1 972 m de altitud. En la región central se encuentra el Grupo de Guamuhaya dividido en dos zonas montañosas: la Sierra de Trinidad con el Pico de San Juan, que alcanza los 1 140 m sobre el nivel del mar y las alturas de Sancti Spíritus con la Loma de Banao, que alcanza los 842 m de altitud. En la región Occidental la Cordillera de Guaniguanico, dividida en las Alturas de Pizarras y las Sierras del Rosario y Los Órganos, con un punto más alto, el Pan de Guajaibón que alcanza los 699 m.

1.1.3 Características de la flora y el patrimonio forestal de Cuba.

Las particularidades de la flora de Cuba han sido referidas por diferentes autores a lo largo del tiempo. Valdés (2003), reconocen que Cuba por su posición particular en la región del Caribe y por el endemismo pronunciado presenta uno de los problemas fitogeográficos de mayor interés. Borhidi (1996), plantea que es la flora mayor y más diversa de las Antillas. Por las características de su flora, el territorio cubano constituye una provincia geobotánica o subdominio fitogeográfico de la subregión Caribe o Centroamericano-antillano.

La flora de Cuba, es una de las floras insulares más ricas del mundo. Contiene unas 6 850 especies de plantas vasculares, de las cuales 500 son pteridofitas y aproximadamente 6 350 fanerógamas (Borhidi, 1996).



La flora del archipiélago cubano es la más e
muy independiente, pues ella solo tiene cas
subregión, esto es más de 3 000 taxone
endémicos genéricos (Halffter, 2001).

Del total de especies que forman la flora na
% es endémica, lo que implica que Cuba e

de las Antillas debido al tamaño de la isla y

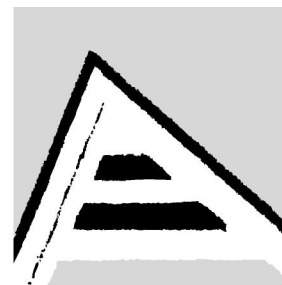
desde principios del Período Terciario. En Cuba aparecen 33 áreas de alto
endemismo. La riqueza de especies de la biota cubana total es de 0,194 (32
080 especies en 164 625 Km²) y para las especies terrestres y dulceacuícolas
es de 0,195. La riqueza de endemismo de la biota cubana es de 0,076 lo que
representa un endémico por cada 12,02 Km² (CITMA, 1998).

Los recursos fitogenéticos presentes en la flora silvestre cubana son diversos y
numerosos. La flora forestal autóctona está compuesta por 627 especies
arbóreas pertenecientes a 243 géneros, a los cuales pueden añadirse otras 18
especies de 13 géneros que se consideran naturalizados en el país, para un
total general de 645 especies distribuidas en 256 géneros (CITMA, 1998).

Báez y Diago (1998), refieren que alrededor del 31% de las áreas del
patrimonio forestal se encuentran situadas en regiones montañosas cuyas
alturas oscilan entre 300 y 1 970 msnm. La característica común a todas,
desde el punto de vista forestal, es la abundancia de suelos escabrosos, de
pendientes pronunciadas y de difícil acceso.

Herrero (2006), plantea que los bosques naturales cubanos se clasifican en 16
formaciones forestales, y tanto por el área que ocupan, como por la importancia
económica de las especies que la constituye, las formaciones fundamentales
son los manglares, el pinar y el bosque semicaducifolio. Por otra parte, Díaz
(2006), refiere que las características insulares de Cuba han propiciado la
evolución de una biodiversidad particular y con valores muy altos de
endemismos, los cuales condicionan a la vez la fragilidad y vulnerabilidad de
algunos de los ecosistemas.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



1.2. La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*

1.2.1 Variedades de la especie.

Muchos especialistas forestales opinaban dentro de *Pinus caribaea* a partir de observación de las semillas y caracteres morfológicos, bien fundamentado científicamente, existían sistemática. Los argentinos Barret y Golfari

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

hicieron un estudio a partir de un pequeño grupo de árboles ofreciendo una nueva división varietal para la especie *Pinus caribaea*; sin embargo, es válido aclarar que dichos caracteres son altamente influenciados por las condiciones del ambiente lo cual ha sido una de las más grandes críticas al mismo. La especie quedó subdividida en tres variedades: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari (Cuba); *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret y Golfari (Bahamas); *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari (América Central), cada una de las cuales posee un ámbito de distribución y características fenológicas muy propias (Betancourt, 1987; Rojas, 1991 y Lamprecht, 1990), citados por (Sprich, 1996):

- *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, (típica) de Cuba e Isla de la Juventud.

La misma se describe con las siguientes características: agujas en fascículos de 3 (raramente 4), conos de 5-10 cm. de largo, semillas con alas adnatas.

- *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, es una variedad de América Central.

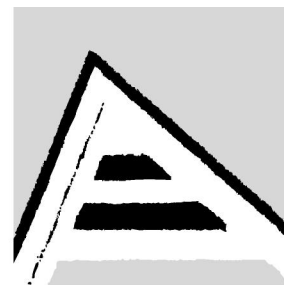
Posee las siguientes características: agujas en fascículos de 3 a veces 4,5 y 6 en árboles jóvenes, conos de 4-12cm de largo, semillas con alas articulares (alas sueltas).

- *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*, variedad de las Bahamas y las Islas Caicos.

Las características que permiten diferenciar esta variedad son: agujas en fascículos de 2 y 3, conos de 4-12cm de largo, semillas con alas articulares adnatas.

A pesar de esto, Zheng y Ennos (1999), realizaron un estudio incluyendo las tres variedades con técnicas moleculares de cpDNA e isoenzimas y detectaron que la variedad cubana tenía un patrón genético diferente a las restantes,

mientras que las otras dos variedades aparecieron. Posteriormente, Geada (2002 y 2003), realizó el cpDNA en las 67 especies del subgénero y las variedades de *Pinus caribaea*, demostrando que las variedades de *Pinus caribaea* son las mismas, y la variedad cubana aparecía siempre entre las variedades.



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

1.2.2 Características generales de la especie

Betancourt (1999) y Dobler y Torres (1995), se refieren a las características botánicas de la especie en estudio, como se presenta a continuación:

1.2.2.1 Características botánicas

Hojas

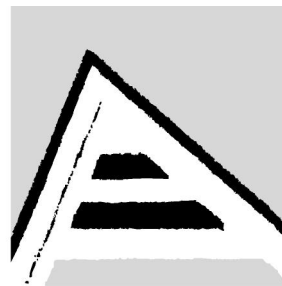
Las hojas están comúnmente en grupos de 2 a 3 por fascículo, raramente 4, de 15 a 25 cm de largo, de 1.0 a 1.3 mm de espesor, agudas, con bandas estomáticas en todas las caras, canales resiníferos internos de 3 a 6, hipodermis biforme de 3 a 5 hileras; vainas de 10 a 13 mm de largo, castañas a negruzcas cuando adultas.

Fuste y corteza

La corteza de los árboles jóvenes es grisácea, rugosa y resquebrajada en surcos más o menos profundos; en los adultos se puede mantener esta característica o bien formar placas grandes de color castaño, con fisuras poco profundas, descascarándose en finas láminas.

Madera.

Las características generales de la madera son: textura media, grano típicamente recto, con albura poco diferenciable del duramen. La madera recién aserrada tiene un lustre medio y es grasienta al tacto, en consonancia con la cantidad de resina que posea. Esta madera presenta anillos visibles, diferenciándose notablemente la madera tardía de la temprana. Sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera han informado lo siguiente: densidad media de la albura a 14% de humedad, seca al aire de 0.83 g/cm³ y de 0.80 g/cm³ seca al horno, lo que corresponde a una clasificación mediana; la



densidad del duramen de 0.65 g/cm^3 a 12% horno, lo que se clasifica de mediana a moderada; la densidad volumétrica total del duramen de 12%, clasifica a moderada; sin embargo en la albura se considera alta la densidad (las fibras de la albura en estado seco tienen una densidad de 1.1 g/cm^3 y valores de 352 kg/cm^3 en madera húmeda); son moderados; con respecto a la flexión, la albura considera mediano y la tenacidad se puede considerar de muy baja en albura seca a baja en madera baja.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Flores

Es monoica. Las flores masculinas (amentos) son de 20 a 30 mm de longitud; las flores femeninas (estróbilos) son reflejos. Las flores masculinas abundan más en las ramas bajas, las femeninas en la parte superior del árbol.

Frutos.

Las flores femeninas se transforman en conos, que son ligeramente asimétricos, de 15 a 12cm de longitud y entre 1.3 y 4.0cm de diámetro; cónicos cuando están cerrados, oblongos cuando abiertos. Los conos permanecen en el árbol, si no se tumban, durante un año o más después de la diseminación de las semillas. Los frutos contienen un promedio de entre 60 y 75 semillas. Las semillas son de 6mm de largo, 3 de ancho y 2mm de espesor, angostamente ovoides y triangulares, de color gris moteado a pardo claro. Las semillas contienen de 4 a 8 cotiledones. Un kilogramo contiene entre 65,000 y 80,000 semillas.

Hábitos.

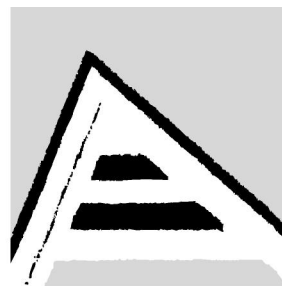
Puede alcanzar hasta 30 m de altura, raras veces más, y entre 70 y 80cm de diámetro. La copa es normalmente cónica y ocupa, en los árboles grandes, de la tercera a la cuarta parte de la altura total del árbol.

1.2.2.2 Ciclo fenológico y período de recole

En este sentido Betancourt (1999), se refiere a

Época de floración y maduración de frutos.

En Cuba, la floración se produce durante lo
ocasiones se prolonga hasta marzo y la mad
desde mediados de junio hasta finales de
principio de agosto, pero del año siguiente.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Período de recolección de las semillas.

La dehiscencia de los frutos se produce entre 15 y 20 días después de la maduración, siendo necesario recolectarlos durante ese período, antes que diseminen las semillas. Desde los 6 años de edad se observan árboles cultivados con algunos conos, pero una buena cosecha de semilla fértil se consigue entre 12 y 15 años.

1.2.2.3 Adecuación a la estación.

En cuanto a las exigencias edafoclimáticas, son varios los autores que tratan el tema en cuestión Samek (1967); Varona (1982) y Betancourt (1999).

Suelo

En Cuba, donde existen las más extensas masas naturales, los suelos predominantes son Ferríticos (Latosoles). Son suelos ácidos, con pH que varía entre 5.5 y 6.5, pobres en bases intercambiables. Esta especie tiene bastante amplitud ecológica en cuanto a suelos.

Luz

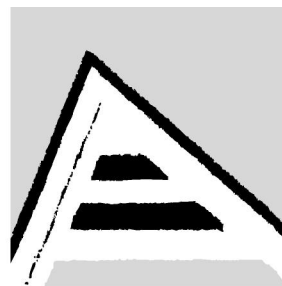
Es heliófila.

Precipitaciones.

En su área de origen las precipitaciones oscilan entre 1 000 mm y más de 2 000 mm.

Temperatura.

En su región originaria la temperatura media con temperaturas máximas y mínimas absolutas de 4°C.



Incrementos.

Según trabajos realizados por Gra (1995)

incrementos en altura inferiores a 1 m por año

desde este momento se mantiene incrementando alrededor de 1 m por año hasta aproximadamente los 21 años de vida; a partir de esta edad comienza a disminuir el incremento. Referente al diámetro, plantean que el incremento está alrededor de 1cm anual, pero en este caso tiene mucha influencia el espaciamiento de la plantación. Bosch *et al.* (1980), plantearon que en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, en sitios donde el suelo no sea tan gravilloso, esta especie puede alcanzar más de 140 m³/ha a los 13 años de edad.

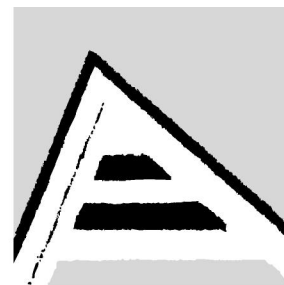
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

1.2.2.4 Usos de la madera.

La madera es usada para todo tipo de construcción; también es fuente de producción de pasta papelera de fibra larga, de uso cada vez más extendido en todas las naciones. La madera rolliza preservada se puede emplear para postes de servicio público, carpintería u obtener resina, como materia prima para pintura, barnices, plásticos, aceites, gomas, resina sintética, productos químicos y farmacéuticos. Se emplea y tiene gran demanda en estructuras de toda clase como son: puentes, muelles, almacenes, fábricas de toda clase de construcciones que requieren maderas resistentes de grandes dimensiones, postes, pilotes, carros de ferrocarril, traviesas, además se obtienen magníficos resultados en la fabricación de pulpa para papel (Del Risco, 1995).

1.2.3 Distribución geográfica de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Pinus caribaea var. *caribaea* tiene su área de distribución geográfica en la provincia de Pinar del Río, la más occidental de Cuba, y en la Isla de la Juventud. El área de dispersión de la variedad está comprendida entre los paralelos 21° 40' N (Isla de la Juventud) y 22° 50' N (Pinar del Río) y los



meridianos 82° 56' W y 84° 20' W. En la Isla de Cuba, en la provincia de Pinar del Río, *Pinus caribaea* Morelet en unos lugares y formando pequeños puros. Existen masas homogéneas de *P. caribaea* en los siguientes lugares: Cajálbana, El Valdés, Mameyal, Los Hornos (Betancourt, 1987), sin embargo actualmente existen puros y en ocasiones muy deteriorados incluidos en los siguientes lugares: Cajálbana, Marbajita, La Güira y Pinar del Río.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

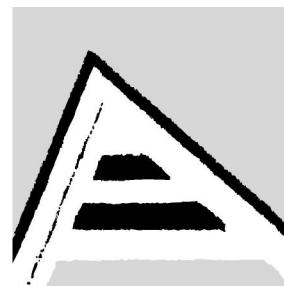
1.3 Conservación de los recursos genéticos forestales.

1.3.1 Situación de los recursos forestales en el mundo y en Cuba.

Según la Enciclopedia Interactiva (2000), la superficie continental del globo terrestre está cubierta en un 30% por los bosques, los cuales constituyen los ecosistemas terrestres más ricos, es decir, son uno de los mayores recursos naturales de la tierra, tanto en la flora como en la fauna y muy especialmente los bosques tropicales húmedos.

Según FAO (2002), en los últimos años, el sector forestal ha sufrido cambios fundamentales en gran parte del mundo como consecuencia de reestructuraciones institucionales de los cambios de los sistemas de propiedad y del mayor reconocimiento de beneficios múltiples que ofrecen los bosques, se prevé que para el 2050, el 40% de los bosques mundiales estarán administrados o serán poseídos por comunidades e individuos. Los bosques tropicales figuran entre los máximos exponentes de la diversidad biótica. Acogen a numerosas especies de aves, mamíferos y reptiles, en cantidad muy superior a las de zonas de clima templado.

Según estimaciones FAO (2002), en el decenio de 1990 cada año se deforestó el 0.38% de los bosques mundiales. Al mismo tiempo grandes extensiones se convirtieron de nuevo en bosques. En consecuencia, se produjo una pérdida anual neta del 0.22%. Si bien estas informaciones revelan una pérdida severamente notable, sobre todo en los trópicos, es igualmente evidente que el cambio de la superficie forestal no es el único indicador de la situación de los recursos forestales mundiales ni de su capacidad de suministrar bienes y servicios.



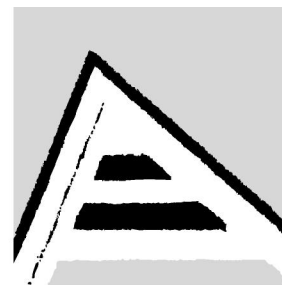
Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Otra manera de describir la reducción de la superficie forestal es hasta que punto se han degradado. FAO (2000) indica que prácticas silvícolas inadecuadas hayan reducido la productividad de una gestión desacertada haya repercutido negativamente en los suelos o que la extracción excesiva de leña haya repercutido negativamente en la fertilidad de la tierra.

La Comisión de las Comunidades Europeas (1993) estima que los recursos forestales, según FDE (1993), citado por FAO (2003), un 10% de la superficie terrestre total del mundo se encuentra bajo alguna forma de estatuto de protección. Sin embargo, muchos elementos muy valiosos de la biodiversidad quedan fuera de esas zonas protegidas. Por consiguiente, la biodiversidad debe mantenerse y potenciarse no sólo en las zonas protegidas sino también en la gestión de los bosques productivos y en las plantaciones. Por lo que el sector forestal necesita "reorientar" las políticas transectoriales relacionadas con los bosques en favor de los mismos para conseguir un efecto sostenible.

Informes sobre la Evaluación de los Recursos Forestales mundiales, por la FAO (2000), citado por FAO (2003), estiman que el área en el ámbito mundial fue de casi 3 900 000 de ha, de las cuales el 95% eran bosques naturales y el 5% plantaciones forestales. Los bosques naturales del mundo fueron desapareciendo y convertidos a otros usos de la tierra a un ritmo muy acelerado, durante el decenio de 1990 la pérdida total de bosques naturales fue de 16.1 millón de ha anuales, de las cuales 15 200 000 crecían en los trópicos, lo cual significa que el 4.2% del área de bosques naturales que existía en 1990 se había perdido para el 2000, en los países tropicales la pérdida fue de 7.8%, lo que se estima que la pérdida natural no se debió sólo a la deforestación ya que 1 500 000 ha de bosques naturales fueron convertidos en plantaciones forestales, de manera tal que la deforestación mundial alcanzó 14 600 000 ha anuales durante este decenio, o sea el 3.6%, incluyendo los 1 500 000 ha convertidos a partir de los bosques naturales y el 1 600 000 ha de forestación en tierras que anteriormente eran objeto de uso no forestal.

Informaciones más recientes FAO (2006), indican que la cubierta forestal de América Latina y el Caribe en el año 2005 fue de 924 000 000 de ha,



correspondientes al 46% de la superficie terres
área forestal total del mundo.

La Estrategia Nacional Ambiental identifica
problemas ambientales la deforestación, agud
el uso irracional de los bosques con fines ener
la escasez de combustible domésticos y otros (

Según Ares (1999), es Cuba uno de los pocos
forestación/deforestación, resultado de una ε
dirección del país desde 1959 hasta la fecha.

Para Díaz (2006), la deforestación de los bosques naturales cubanos conllevó
a una incalculable pérdida de su diversidad biológica y a una intensa
degradación de los suelos.

Herrero (2004), en el informe nacional de Cuba sobre Estudio de tendencias y
perspectivas del sector forestal en América Latina trata la evolución de la
superficie cubierta por bosques desde 1492 a la fecha. Refiere que durante el
período neocolonial, (1902-1959), la tasa anual de deforestación fue la más alta
de la historia (70 000 ha/año) provocada fundamentalmente por la expansión
acelerada de la industria azucarera y el desplazamiento de grandes masas de
campesinos pobres hacia las montañas que desmontaron grandes superficies
para lograr el sustento de sus familias. Agrega que el índice de boscosidad
creció considerablemente después de 1959. Por su parte Renda *et al.* (2004),
brindan el siguiente reporte (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución histórica de la cubierta forestal en Cuba (período
1812/2003).

Año	Población (m/hab.)	Territorio cubierto %	Bosques (ha/hab)
1812	0.5	89.2	19.80
1900	1.8	54.0	3.30
1959	6.9	14.0	0.22
1991	10.8	19.5	0.20
2003	11.2	23.2	0.23



Surós (2005), plantea que la pérdida de área medida a que la política forestal cubana no tuvo una política forestal enfocada a garantizar la conservación de la flora y la fauna silvestre y el aprovechamiento racional de estos recursos.

Informaciones más actuales sobre la situación según Herrero (2006), señalan que Cuba posee 588 ha, lo que representa un 24.54% de su superficie

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

de plantaciones y 2 308 661 ha de bosques naturales y 170 253 ha de plantaciones jóvenes. Se plantea que Pinar del Río es la provincia con mayor índice de boscosidad con un 39.57% y el municipio especial Isla de la Juventud con 54.04%.

En la Ley Forestal de la República de Cuba, los bosques se clasifican en bosques de producción, de protección y conservación (Servicio Estatal Forestal, 1999).

Herrero (2006), aborda que de la superficie actual de bosques naturales el 26% pertenece a la clasificación de producción, el 49% a protección y el 25% a bosques de conservación y en el caso de las plantaciones, el 58% son bosques de producción, el 36% de protección y el 6% de conservación. En cuanto a los niveles promedios de la actividad de la silvicultura se reportan 63 000 ha de fomento forestal, 60-70 000 ha de tratamientos silvícolas, 39 000 ha de regeneración natural y 79 000 ha de reconstrucción de bosques, la actividad de producción promedio arroja un total de 1 674.4 Mm³ y la superficie de tala, ya sea por tala rasa, sanitaria o selectiva es de 19 381.58 ha. Este mismo autor pronostica que para el año 2020 se prevé un índice de boscosidad del 31.47% (3 457 800 ha) lo que representa el 64.3% (2 223 500 ha) de bosques naturales y 35.7% es decir 1 234 000 ha de plantaciones.

1.3.2 La Conservación de los recursos y Composición y métodos.

Uno de los problemas ambientales que ha suscitado la pérdida de la biodiversidad como consecuencia ya sea de manera directa (sobreexplotación) (Moreno, 2001).

Según la Enciclopedia interactiva (2000) la biodiversidad, representa la variedad de recursos del planeta, o sea, el conjunto de todos los organismos vivos.

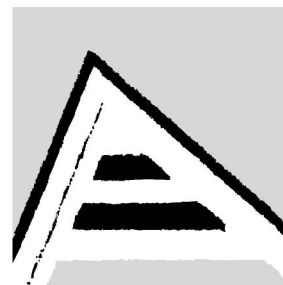
Según Febles (2000), la biodiversidad constituye un recurso natural de gran importancia para la vida. Leyva (2001), señala que la pérdida de biodiversidad es uno de los 5 problemas ambientales más fuertes a escala mundial. Por su parte Lobo (2001), agrega que ante esta situación el propósito esencial de las reservas naturales es la protección de la biodiversidad.

La diversidad biológica, su conservación e incremento, es uno de los principios básicos de la gestión forestal sostenible. La alta variabilidad genética de las especies forestales es responsable de los procesos de adaptación ante factores bióticos y abióticos extremos que, a su vez, aseguran la persistencia frente a los riesgos a los que están sometidas las masas forestales (Alía *et al.*, 2003).

Salam (1999), plantea que el concepto de recursos genéticos forestales se refiere a los valores ambientales, sociales, económicos, culturales y científicos de las materias heredables contenidas dentro de las especies y entre ellas.

Para Hechavarría (2005), los recursos genéticos forestales y la diversidad presente en los millares de especies arbóreas útiles en la tierra constituyen un recurso intergeneracional de gran importancia social, económica y ambiental. Entre los factores que ponen en peligro la integridad de los recursos genéticos forestales se encuentran la transformación en tierras agrícolas y pastizales; la utilización de los productos forestales para obtener energía (leña); las tallas indiscriminadas; la falta de medidas adecuadas para combatir los incendios; la contaminación atmosférica y las variaciones del cambio climático.

Para Namkoong y Koshy (2000), citado por Kanashiro y Thompson (2002), la medida real del éxito en la conservación de la biodiversidad es el mantenimiento de niveles razonables de variación genética dentro de las



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

poblaciones y la conservación de los procesos se apoya la constitución genética.

Los programas de gestión y conservación de l en las características del ecosistema y de la atención a las especies y a la diversidad genéti

La variación genética es necesaria para garan su adaptación a condiciones ambientales som cambio. Es necesario también para manten

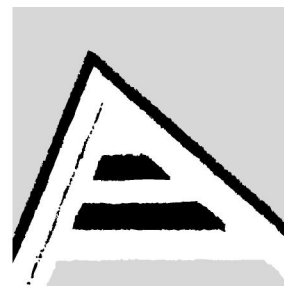
permita satisfacer las necesidades y las finalidades humanas cambiantes. En consecuencia, la posibilidad de seguir obteniendo bienes y servicios de los árboles forestales depende del mantenimiento y ordenación de los recursos genéticos forestales. Si se desea manipular la calidad y rendimiento de la madera, es fundamental conocer bien la variedad de ésta (Palmberg y Hald, 2000).

Para Burley (1993), entre las causas que influyen en la pérdida de la diversidad genética se encuentran el uso excesivo de un determinado recurso genético, la fragmentación del hábitat, los cambios climáticos, la contaminación ambiental, la introducción de especies exóticas y el mejoramiento genético.

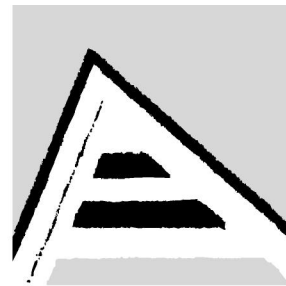
Palmberg y Hald (2000), demuestran que los bosques son el depósito más importante de diversidad biológica terrestre. Son longevos, mayormente alógamos, altamente heterocigóticos, y aparecen con frecuencia en entornos variables y en muchos casos han desarrollado mecanismos complejos para mantener una diversidad intraespecífica.

La diversidad genética en los ecosistemas forestales y la variación genética son la base de su adaptación a las tensiones del cambio climático mundial, incluidos los efectos futuros, posibilidades más extremas y la aparición o introducción de nuevas plagas y enfermedades (FAO, 1995).

Para Zobel y Talbert (1988), la naturaleza ha creado la variación necesaria para utilizarla en los programas de mejoramiento genético forestal. Willan, Olesen y Barner (1995), consideran que la variación entre seres vivos tiene tres causas principales: Diferencias en el desarrollo (edad), diferencias ambientales y diferencias genéticas. Además, agregan que aunque es conveniente considerar las tres fuentes de variación en forma separada, en la naturaleza actúan simultáneamente, a menudo en interacciones complicadas.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Experimentos bien diseñados (repeticiones, ale del sitio) pueden reducir el efecto del ambien completamente.

La conciencia cada vez más generalizada sob y su conservación ha supuesto el inicio de m su conservación y aprovechamiento sosteni

desde finales del siglo XIX muchos espec conservar los bosques mediante su “wise use” es decir considerando su sabiduría. Este aprovechamiento sabio constituyó mucho tiempo un paradigma basado en la concepción, que la sociedad obtiene mayores beneficios de un bosque sujeto a explotación económica que de uno virgen y que las ventajas pueden maximizarse mediante una planificación racional.

Los trabajos de conservación de recursos genéticos forestales se iniciaron hace más de 50 años, bajo la coordinación general de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y la FAO. Sin embargo a pesar de los muchos esfuerzos por preservar los recursos forestales, la reducción de los mismos es alarmante y la deforestación incesante se ha convertido en un fenómeno mundial, que afecta especialmente a los países en desarrollo (Hechavarría, 2005).

Según FAO (1984), citado por Álvarez (1998), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, define que la conservación no es más que: Manejo del uso humano de la biosfera de tal forma, que pueda producir los mayores beneficios sostenibles para las generaciones presentes, en tanto mantiene su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. En consecuencia, con respecto a los bosques y al contenido de sus recursos genéticos, la conservación implica un manejo prudente y planificado de los recursos y no meramente la protección y prevención exclusiva de cualquier uso.

Ledig (2004), plantea que conservación significa reducir la presión sobre los recursos. También Loo (2004), en términos genéricos de dasonomía, agrega que la conservación se puede definir como el uso adecuado e inteligente y aborda que quizás en ninguna parte esta definición es más apropiada que dentro del contexto de los recursos genéticos forestales. Un uso inteligente de los recursos genéticos significa que evitemos agotar la variabilidad natural

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

existente, a un punto en el cual el potencial de la especie se pierda.

La conservación de los recursos genéticos es mundial. La diversidad es importante como genético, constituyendo el ingrediente esencial para adaptarse a los ambientes cambiantes (Loo, 2001). Ledig (1986), refiere tres razones para conservar:

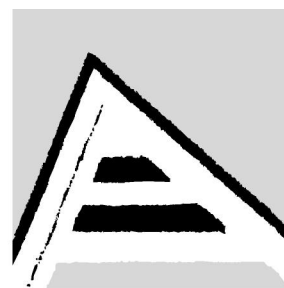
- Vulnerabilidad genética de los cultivos domésticos.
- Valor económico potencial, y
- Pérdida de diversidad por extinción, la cual puede reducir la estabilidad de ecosistemas enteros.

Para poder conservar los recursos genéticos forestales es requisito indispensable definir cuáles son sus componentes, así como los métodos a emplear.

Álvarez (1998), plantea que en Cuba la conservación se aborda en cuatro dimensiones con las especies arbóreas forestales, ecosistemas y en menor escala las poblaciones, procedencias, e individuos. Con respecto a los ecosistemas son conservados mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuya administración está compartida actualmente por el Ministerio de la Agricultura y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

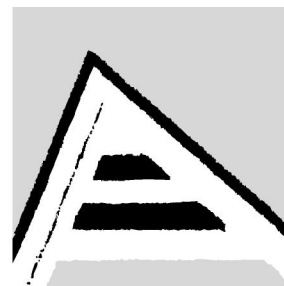
Los ecosistemas, son sistemas integrados por una comunidad biológica determinada y el ambiente donde aquella existe, que presentan un grupo de elementos interdependientes que interactúan regularmente, formando un conjunto único. Los ecosistemas de pinares constituyen uno de los principales y de mayor estudio en Cuba por su importancia y valor económico (Álvarez, 1998).

Con relación a las poblaciones, entendida como todas las plantas pertenecientes a una misma especie en el país, se puede decir que Cuba contaba en 1900 con 827 especies arbóreas en áreas forestales, de las que 626 eran autóctonas, 21 naturalizadas y 180 introducidas. El Centro Mundial para el seguimiento de la Conservación, en Octubre de 1995 declara que Cuba tenía registradas 890 especies amenazadas de extinción, de las cuales 94 eran árboles forestales (10.6%). El área Forestal del Ministerio de la Agricultura



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

emitió una instrucción técnica 01/90, decreta los cuales 13 fueron considerados como arborescentes, 8 como poco conocidas y 17.4% del total de especies arbóreas del país (Álvarez, 1998).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La conservación a nivel de procedencias, que se refiere a la conservación de individuos de una misma especie caracterizados por elementos diferenciales con respecto al origen geográfico, pueden corresponder a aspectos biológicos, ambientales o de ambos tipos, es una actividad desarrollada exclusivamente por el Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), mediante las áreas de investigación de genética forestal. Estos trabajos han permitido hasta la fecha la protección de 806 procedencias pertenecientes a las 212 especies conservadas en las colecciones *in vivo*, lo que permite salvaguardar no sólo la diversidad arbórea forestal cubana y tropical, sino también la variabilidad intraespecífica en ella existente (Álvarez, 1998).

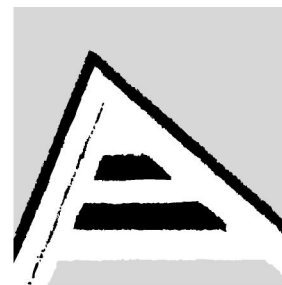
La conservación a nivel de individuos, es un nivel que está formado por plantas que por razones especiales sea de interés conservar, es también una actividad desarrollada por el IIF, a partir de las generaciones parentales seleccionadas para el desarrollo de los programas de mejoramiento genético arbóreo. En tal sentido, hasta 1990 se habían seleccionado en el país 1 964 árboles, de los que 806 están protegidos en bancos clonales (55.4%), quedando por conservar 648 árboles, pues 260 corresponden a los árboles plus de *Pinus tropicalis*, que hasta el momento no es posible incluir en Bancos Clonales. Esta actividad requiere una atención prioritaria por el alto valor genético y económico acumulado en el material a conservar (Álvarez, 1998).

Por otra parte los métodos de conservación empleados en Cuba se dividen en dos grandes categorías: conservación *in situ* y conservación *ex situ* (FAO, 2002).

Gil (2003), plantea que la conservación de los recursos genéticos bajo las condiciones propias de su hábitat natural, ya sea en bosques productivos o en áreas protegidas, se denomina conservación *in situ*.

La conservación *in situ* del recurso mediante su preservación en condiciones naturales, para lo cual pueden emplearse las áreas protegidas, masas

semilleras naturales, árboles plus selección; programas de mejoramiento genético y las especies localizadas amenazadas de extinción (Álvarez, 1998).



Loo (2004), también se refiere al tema en cuanto que las poblaciones son conservadas o manejadas; estas incluyen áreas manejadas a través de especies nativas, así como también parques naturales

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Soekotjo y Bart (2001), plantean que la conservación *in situ* de una especie y de su diversidad genética dentro de las reservas naturales, es necesaria para la conservación exitosa, a largo plazo, del caudal de genes silvestres de las especies arbóreas. Además, las áreas de conservación *in situ* sirven tanto como un punto de referencia y como una fuente de materiales en el diseño e implementación de proyectos de reintroducción y restauración ecológica.

Según Forest Genetic Resource Working Group (1991), los métodos de conservación *in situ* presentan las siguientes características:

- Todas las clases de edad de las especies objetivo se mantienen dentro del ecosistema en el cual ellas evolucionaron.
- El uso de la tierra de los sitios es limitado a aquellas actividades que no tendrían efectos detrimentales sobre las especies objetivo.
- La regeneración de las especies objetivo ocurre sin la intervención humana, o la intervención se limita a prácticas de corto plazo diseñadas para disminuir los factores detrimentales.

Los métodos de conservación *ex situ* del recurso mediante su preservación en áreas que no son las de su ubicación original, considerándose en esta categoría las áreas experimentales de genética forestal, arboretos, jardines botánicos y los bancos de germoplasma. Entre las áreas experimentales están consideradas las pruebas de Introducción de Especies, pruebas de Procedencias, Progenies, Bancos de genes o Clonales, los Huertos Semilleros Clonales o de brinzales y las áreas de enriquecimiento de especies amenazadas de extinción (Álvarez, 1998).

Loo (2004), alega que *ex situ* significa que el material genético es almacenado o manejado lejos de su hábitat natural.

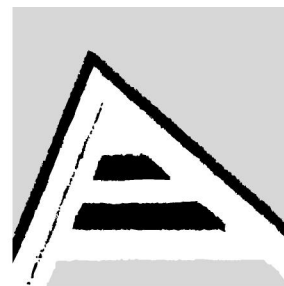
Una crítica común a la conservación *ex situ* es su adaptación a las condiciones cambiantes de un mundo en desarrollo (Li y Bousquet, 1992).

La conservación de recursos genéticos *in situ* es una preservación por métodos *ex situ*, porque la conservación con algunos usos de los bosques (Forest Genetics, 1991).

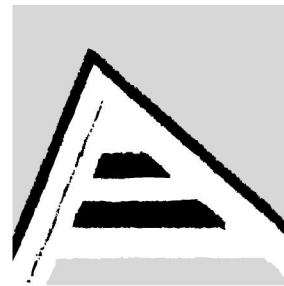
La conservación *in situ*, en general, tiene la ventaja de conservar un ecosistema y no sólo sus especies. Esto significa que los programas *in situ* para la conservación de ciertas especies elegidas se traducen con frecuencia en la valiosa conservación de una serie de especies de animales y vegetales asociadas (Thomson; Graudal y Kjaer, 2002).

Álvarez (2002), en el informe de país se refiere al tema en cuestión donde aborda que una estrategia de conservación de la biodiversidad de los bosques debe ser parte de un sistema general de protección de la naturaleza, lo cual constituye un proceso continuo en la relación entre la población y la naturaleza. Tal proceso empieza con bosques primarios protegidos y reservas estrictas y continúa con bosques productivos y administrados hasta plantaciones madereras y plantaciones que utilizan especies genéticamente mejoradas y producción clónica. Actualmente la silvicultura tiene a su disposición un instrumento operacional “la gestión forestal sostenible” para mantener y desarrollar la biodiversidad en todos los bosques, y no sólo en las zonas forestales protegidas.

Álvarez (2002), agrega que Cuba es uno de los 160 países firmantes de la Convención sobre la Diversidad Biológica y en consecuencia concluyó el Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba en 1996, coordinado y ejecutado por el Centro Nacional de Biodiversidad (CeNBIO) adscrito al Instituto de Ecología y Sistemática (IES) de la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Concluido el Estudio Nacional se presentó una segunda etapa, concerniente a la Estrategia Nacional y al Plan de Acción para la Diversidad Biológica de la República de Cuba, que también ha sido coordinado y ejecutado por CeNBIO. Cuba a pesar de las limitaciones económicas por las que atraviesa, puede contribuir de manera decisiva a



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

estos esfuerzos, con la implementación y desarrollo de la
Acción para la Diversidad Biológica de la República de Cuba
establecer patrones de conservación y manejo asociados a la singularidad y representatividad
se localizan en el archipiélago cubano, lo que favorece la
integración de nuestro país en el marco internacional de la
Diversidad Biológica. La Estrategia Nacional para la República de Cuba se fundamenta en tres pilares:

1. Utilizar sosteniblemente la diversidad biológica, para lo cual se han identificado aspectos importantes a tener en cuenta en la materialización del Plan de Acción Nacional, a través de acciones relacionadas con medidas de conservación *in situ* a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), complementados por la conservación *ex situ*, la rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados, el desarrollo de programas y proyectos científico técnicos de estudio, educación y monitoreo de la diversidad biológica, la educación ambiental, la participación ciudadana, el ordenamiento jurídico, los incentivos económicos, la cooperación intersectorial, el uso de sistemas sostenibles de manejo, los programas de biotecnología, el fortalecimiento institucional y la cooperación internacional.

Es importante destacar que aunque existe una estrategia nacional para la diversidad biológica que aborda objetivos comunes enfocados al principio de sostenibilidad es necesario encaminar estrategias para aquellas especies forestales que presenten problemas con su conservación, como es el caso de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

2.3.2 Categorías de conservación en Cuba. Situación actual de las Áreas Protegidas.

Las áreas protegidas constituyen un componente importante en el mantenimiento *in situ* de la diversidad biológica y los recursos genéticos (Yanchuk, 2001).

Las Áreas protegidas son territorios que de acuerdo a la legislación están especialmente consagrados a la protección de los valores originales de la Diversidad Biológica, los paisajes, y el patrimonio cultural asociado a estos. A diferencia de la conservación *ex situ*, las Áreas protegidas tratan de proteger

los valores del patrimonio natural en el pr
atesoran los valores más representativos
natural de la nación (CITMA, 2004).

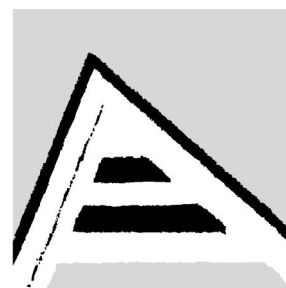
Por su parte la UICN (1994), expone que
especialmente dedicadas a la protección y
biológica y de los recursos culturales asoci
legales u otras de carácter efectivo.

A nivel mundial se han establecido alrededor
comprenden el 8.8% de la superficie terrestre mundial (UICN, 1998). Estudios
recientes realizados por 10 países en desarrollo con grandes recursos
forestales determinaron que solo un porcentaje de las áreas forestales
protegidas están seguras, más del 20% sufren degradación, y el 60% está,
actualmente segura pero tendrán probablemente amenazas en un futuro
próximo (Dudley y Stolton, 1999).

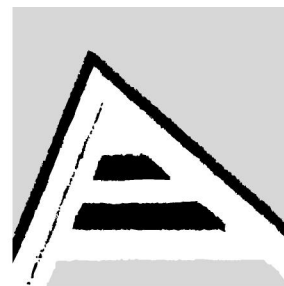
Las amenazas a las áreas protegidas son diversas e incluyen la agricultura y el
sobrepastoreo, operaciones forestales ilegales, cacería ilegal, extracción ilegal
de plantas, invasión por asentamientos humanos, minería, incendios,
contaminación y cambios climáticos y especies invasoras. El Fondo Mundial
para la Conservación de la Naturaleza ha aportado pruebas de explotaciones
ilegales en más de 70 países, incluyendo muchas operaciones en áreas
protegidas que han sido especialmente elegidas (Carey *et al.*, 2000).

Para lograr una eficiente protección y conservación de la naturaleza y de los
valores y recursos histórico-culturales asociados a la misma, resulta necesario
promover la protección especial de ecosistemas y hábitat naturales de alta
diversidad genética o frágiles, de las especies, de los procesos evolutivos y de
los recursos genéticos. Es por este motivo principal que se establecen las
áreas protegidas, las que ordenadamente relacionadas entre sí, conforman un
sistema que permite alcanzar determinados objetivos de conservación a nivel
nacional, contribuyendo en la esfera ambiental, económica y social, al
desarrollo sostenible del país (CITMA, 2004).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas es un eslabón esencial para
garantizar la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y
constituye un objetivo importante de la política ambiental nacional y una



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



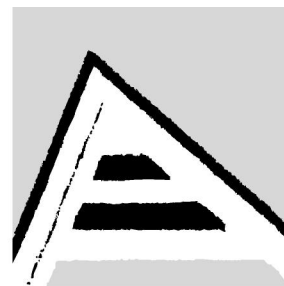
responsabilidad internacional para la República contratante del Convenio sobre la Diversidad Biológica. La Ley de Medio Ambiente, del 11 de julio de 1992, establece los principios básicos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, atribuyendo la responsabilidad al CITMA, de dirigir y controlar la gestión ambiental dentro de estas áreas, su gestión ambiental técnica y metodológica y de velar por la conservación de las especies, los ecosistemas y paisajes, por los cuales fueron declaradas como protegidas.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Según CITMA (2004), existen diversas vías para garantizar la protección y conservación del patrimonio natural. Una vía es la conservación *ex situ* que está dirigida a preservar una especie fuera del medio donde naturalmente ella habita, pero la vía más importante y viable a largo plazo para garantizar la conservación de las especies, los ecosistemas y paisajes, es estableciendo medidas tales como: introducir prácticas de uso sostenible, rehabilitar los ecosistemas y hábitat degradadas, promulgar leyes para proteger la especie en peligro y facilitar el establecimiento de áreas protegidas.

El Sistema de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP), cubre aproximadamente 9.72% del territorio nacional si se consideran solamente las áreas de categoría de manejo estrictas y de significación nacional (Reservas Naturales, Parques Nacionales, Reservas Ecológicas, Reservas Florísticas Manejadas, Refugios de Fauna, Elementos Nacionales Destacados y Paisajes Naturales Protegidos) y 22% cuando se tiene en cuenta las áreas de significación local y las Regiones especiales de Desarrollo Sostenible que incluyen los cuatro macizos montañosos, la Ciénaga de Zapata y las cayerías de Sabana Camagüey y Jardines de la Reina. El SNAP tiene 263 áreas propuestas de las cuales 79 son de significación nacional y el resto de significación local. La superficie de las áreas protegidas de significación nacional constituye el 87% de la superficie total propuesta para el SNAP. Son las más representativas y por tanto poseen los ecosistemas más completos y mejor conservados, así como los mayores valores naturales del país (CITMA, 2004).

Se estima que el 16.1% del territorio nacional (81 845. 767 ha) se encuentra considerado dentro de las 263 áreas protegidas existentes (CITMA, 2004).



El territorio pinareño posee una gran diversidad: existe un alto endemismo florístico y faunístico, flora, la fauna, históricos, culturales y arqueológicos. Según Acosta (2005), especialista de área

Territorial del CITMA en Pinar del Río, plantea: protegidas, aprobadas en 1997 por la Resolución Provincial y tres aprobadas por el Consejo de

2001 (Parque Nacional Viñales con un total de 39 830 ha de extensión y la Reserva Florística Manejada Sabanalamar San Ubaldo de 5 212 ha de superficie).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

El sistema provincial está integrado de la siguiente manera (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema provincial de áreas protegidas en Pinar del Río.

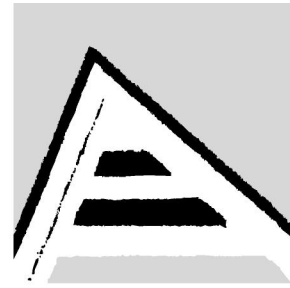
Categoría de manejo	Cantidad	Superficie (ha)
Reserva Natural	9	13 830.0
Parque Nacional	2	50 950.0
Reserva Ecológica	4	2 135.0
Reserva Florística Manejada	10	11 118.0
Refugio de Fauna	5	1 732.0
Elemento Natural Destacado	1	10.0
Paisaje Natural Protegido	0	0.0
Áreas Protegidas de Recursos Manejados	3	143 842.0
Total	34	239 297.0

Fuente: CITMA, 2004.

Pinar del Río presentó en el 2003 cuatro áreas compatibilizadas, las que están en fase de circulación y aprobación por el nivel nacional para ser aprobadas por el Consejo de Ministros, siendo: Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (Área Protegida de Recursos Manejados), Reserva de la Biosfera Península de

Acosta, M. 2005. Comunicación personal. Especialista de Áreas Protegidas. Delegación territorial del CITMA. Pinar del Río.

Guanahacabibes (Área Protegida de Recursos Protegida de Recursos Manejados) y Los Actualmente se cumplen los planes Operativ en las áreas protegidas aprobadas por el constituyen la herramienta de trabajo fundam regula el manejo de los recursos del área, ten manejo que ostenten. Cuenta además con un Sostenible, el macizo de la provincia. En él se que cubren el 7% de la superficie provincial. Existen dos Reservas de Biosfera, declaradas por la UNESCO las cuales son: la Península de Guanahacabibes y Sierra del Rosario, en las cuales se desarrolla un amplio trabajo de Educación Ambiental con todos los involucrados y se ejecutan proyectos encaminados a la protección y conservación de los recursos, en aras de lograr el desarrollo sostenible, en sito de Patrimonio de la Humanidad (CITMA, 2004).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

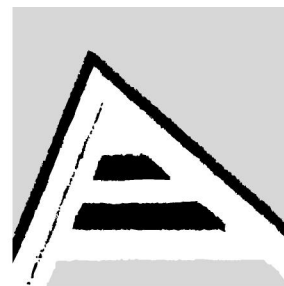
Capítulo 2. Caracterización del estado actual de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea*

2.1 Introducción

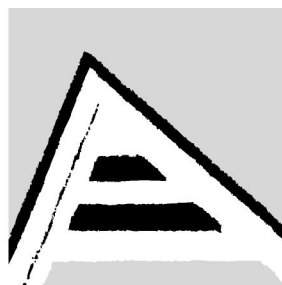
Según Toledo (2004), durante las dos últimas décadas puede considerarse como el tema de moda en la conservación. Esto es lógico, pues si se comparan los animales y plantas, hay que saber con lo que se enfrenta ya sea por parte de un continente o de una isla. La diferencia entre los animales que pueblan las islas, en relación con los que lo hacen en los continentes, es la fragilidad.

Baena *et al.* (2003), afirman que la diversidad biológica es la base de la vida en la tierra y el fundamento de la agricultura y la economía. El hombre percibe de la biodiversidad múltiples beneficios, siendo el más importante la gran variedad de plantas de las que obtiene alimentos, medicinas y vivienda. A pesar de su gran magnitud, la diversidad biológica es finita y se está reduciendo por la sobreexplotación a la que la hemos sometido. Esto ha causado el deterioro y destrucción de muchos hábitats y la desaparición de especies, limitando así la disponibilidad de los recursos y poniendo en peligro la subsistencia de las generaciones presentes y futuras. Frente a esta amenaza para la supervivencia y calidad de vida, se necesita conservar la diversidad vegetal para contar con la mayor cantidad posible de recursos que permitan recuperar los hábitats destruidos, mejorar los cultivos y asegurar suficiente alimento para una población en continuo crecimiento. Conservar la diversidad vegetal implica mantenerla evolucionando para que genere nueva diversidad. Esto sólo se logra manteniendo las poblaciones vegetales en su ambiente natural, es decir, en los sitios donde se originaron o donde han desarrollado sus características. La biodiversidad o diversidad biológica comprende el conjunto de seres vivos y los ecosistemas en que habitan (Baena *et al.*, 2003).

Según Ordieres (2003), durante el último cuarto del siglo pasado, el hombre fue tomando conciencia de la agresión a la que estaba sometiendo el medio en que se desarrolla y dio los primeros pasos para detener tal deterioro.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

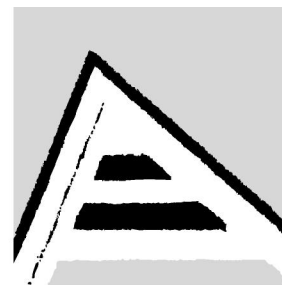
FAO (2002), plantea que se vive en un mundo con la idea de que la ciencia y la técnica (con algunos países) pueden resolver la carga ambiental. Sin pensar que la mayoría de adopción de modelos de desarrollo que e conscientes con la conservación y el uso sostenible. Los bosques son mucho más que fábricas.

En un futuro en el que la madera pasará a ser un recurso, la ordenación sostenible para la conservación forestal. Mucho se puede hacer, y seguramente se hará; desde la educación ambiental en todos los niveles y desde los enfoques culturales de aquellos procesos que sirvan para sensibilizar a los decisores y a la población en general. A nivel mundial solo el 6% de los bosques naturales disfrutan de protección legal, con grandes diferencias regionales de 9% en América y 2% en Europa. Pero a menudo esos bosques solo están preservados en el papel. Muchos de ellos sufren estragos por la explotación irracional e ilimitada del hombre y por las actividades ilegales (Bequette, 1998).

La protección es una herramienta encaminada a resguardar y conservar los recursos naturales y culturales, mediante estrategias integrales que garanticen la adecuada conservación de los mismos (Ballester, 1998).

Según Betancourt y Villalba (2004), en la actualidad la existencia y cuidado de los bosques no obedece a simples razones de producción, por importantes que estas sean, sino a la necesidad de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social de su territorio.

La política del estado en el sector está orientada a disminuir progresivamente las intervenciones de carácter económico en los bosques naturales e incrementar los volúmenes de aprovechamiento en las plantaciones. No obstante, se sabe, que por la diversidad de productos maderables y no maderables que poseen y su extensión, las formaciones boscosas naturales serán fuente de producciones muy necesarias para la sociedad. Actualmente el peso de las producciones de madera en formaciones naturales en el país es aproximadamente de 60%. La tendencia deseada de extracción de productos forestales en bosques naturales debe ser decreciente hasta llegar a cero. Se



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

espera que la importancia económica de la recaiga cada vez más en sus productos no n sus funciones económicas (Herrero, 2004).

Uno de los primeros retos en Latinoam conservación como una prioridad econór sostenible. El artículo 27 de la constitució textualmente: El Estado protege el medio ar país. Reconoce su estrecha vinculación col

sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora y la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza (Constitución de la República de Cuba, 1992).

La sustentabilidad implica lograr patrones de desarrollo y estilos de vida, que permitan resolver las necesidades actuales, sin comprometer la posibilidad de que las próximas generaciones, puedan también satisfacer las suyas, incluso aquellas que aún sean desconocidas. Para ello, se requiere que las acciones grandes y pequeñas, logren un equilibrio que beneficie, al mismo tiempo y de forma permanente, el ambiente, la economía y la sociedad (Cruz, 2002).

Aunque se debe buscar la forma de medir los avances hacia la sustentabilidad hay que tener en cuenta que es algo que no está en las cifras. Se puede realizar una actividad que sea rentable económicamente, pero es en el cambio de la actual forma de pensar de las personas que cumpliendo diferentes funciones, donde está el mayor reto para alcanzar un desarrollo sustentable (Cruz, 2002).

De otro modo se interpreta que al desarrollo sustentable, le resultan inherentes: la posible única opción viable para salvaguardar a la humanidad, la adopción de una nueva ética humana para con la naturaleza, un motivo de solidaridad intergeneracional, una teoría humanista y progresista, el sentido de responsabilidad por salvar las condiciones que sustentan la vida en el planeta, un móvil para la paz y la estabilidad mundial, una alternativa sensata a los modelos existentes de desarrollo y la globalización de la solidaridad ambiental (Jaula, 2002).



CITMA (2004), señala que la ausencia problema urgente a resolver a nivel mundial importante la reflexión en torno al tema económica.

Jaula (2002), plantea que el compromiso con la protección del ambiente, se debe ver como

interdisciplinario y planificado, siempre transversal a las actividades socioeconómicas, con la participación de los involucrados en el proceso de planificación, desarrollo y mantenimiento, con la búsqueda continua de soluciones sostenibles a los problemas de desarrollo económico y de protección ambiental.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible con sede en Johannesburgo se realizó bajo la premisa del “Desarrollo Sostenible” sintetiza además, en este concepto, una visión más integral y abarcadora de desarrollo, sustentado en tres pilares fundamentales: lo económico, lo social y lo ambiental.

La sostenibilidad de un mundo tan cambiante se ve comprometida por la disminución de los bosques para disponer de más tierras para incrementar los cultivos de alimentos, materia prima para las industrias, madera y leña. Sin la protección de los bosques, los suelos se erosionan y se hacen menos profundas; presas y lagos se secan por sedimentación; disminuye la fijación del anhídrido carbónico, aumenta el calentamiento de la Tierra y se reduce la biodiversidad. Los bosques continuarán desapareciendo en el próximo período sin que por ahora se cuente con formas verdaderamente seguras de evitarlo; entre las formas más eficaces que se presentan para disminuir esa destrucción están su explotación y desarrollo ordenado; y las prácticas de manejo sostenible. La ordenación forestal sostenible puede definirse como la explotación de la madera en una tasa media anual que no supere a la que incrementa el bosque; también como el sistema que permite el uso múltiple de los bosques en forma que no se sacrifique su capacidad total de producir madera y otros productos (Jaula, 2002).

Si para alcanzar los niveles de desarrollo que hoy ostenta la humanidad, ha sido necesario transitar por procesos históricos matizados por las revoluciones industriales y científico técnicas, no resulta descabellado afirmar, que para acceder al desarrollo sostenible, habrá que transitar por una revolución

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ambiental; que a diferencia de sus precedentes, el pensamiento ambiental del pensamiento humano, debido a un imprevisible lapso de tiempo, en tanto que dichos cambios han propiciado el actual anti-desarrollo que prevalece en el planeta Tierra (Jaula, 2002).

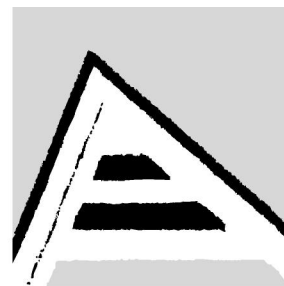
El saber humano como base elemental mínima sobre la estructura, organización y funcionamiento ambientales, y sólo en consecuencia con

intervención acordes con la necesaria y pertinente armonización con el ambiente, sin menoscabo de su equilibrio dinámico y evolutivo, con lo cual se garantizaría el normal intercambio de materia, energía e información entre los componentes bióticos y abióticos del ambiente y en consecuencia, el respeto de la capacidad de sustentabilidad del ambiente y por supuesto de la capacidad de renovación de los servicios que presta al ser humano (Jaula, 2002).

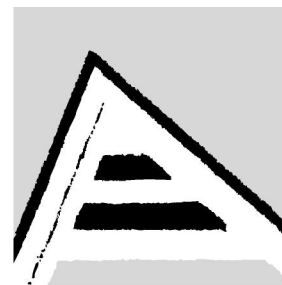
Según Moreno (2001), son muy escasos, si es que existe alguno, los sitios en el planeta donde el medio ambiente y la calidad de vida no hayan estado sometidos a un progresivo deterioro; ello es el resultado de sistemas de desarrollo que no fueron bien seleccionados o al menos, no se le concedieron la importancia requerida a la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y al hábitat del hombre en general.

El desarrollo sustentable se presenta como la opción más sugestiva para enmendar los errores cometidos, pero la verdad es que la población conoce poco del tema y mucho menos es consciente de la dependencia existente entre sus actividades y el ambiente en que las realiza. Ese es el resultado de la pobre información recibida en temas ambientales en la educación regular y en los medios masivos de divulgación; sin embargo, no puede tomar conciencia de la noche a la mañana de que tiene que preservar el medio donde vive (Moreno, 2001).

Por eso no resulta raro encontrar en los diarios escritos y en los noticieros de la radio y la televisión, titulares que resaltan acciones realizadas para conservar el medio ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad; junto a otros que resaltan la “recuperación” para la agricultura o la ganadería de terrenos que permanecían cubiertos de “bosques improductivos” (Moreno, 2001).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Según Brito (2000), en Cuba al igual que observan afectaciones a la diversidad biológica que trae como consecuencia que se han perdido recursos naturales para su uso. Sin embargo, en la actualidad se toman medidas encaminadas a un desarrollo sostenible de los recursos naturales y la recuperación de los ecosistemas más amenazados en Cuba: Bosques húmedos tropicales, Humedales, Ecosistemas de agua dulce, Páramos y Matorrales secos (sobre caliza o serpentinita).

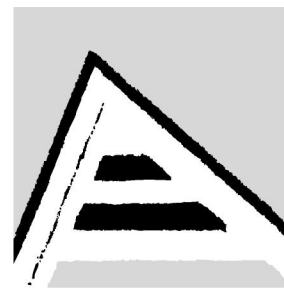
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Este mismo autor plantea que en la actualidad, de seguir operando los procesos antropógenos que provocan la pérdida de especies, se extinguirá el 25% de las especies existentes (entre 50 y 60 000 especies), en los siguientes 50 o 60 años, lo que equivaldría a 1 000 especies por año; 40 000 veces más rápido que en toda la larga historia de la vida sobre el planeta. Agrega que una cantidad estimada en 34 000 especies de plantas, y 5 200 especies de animales; incluyendo una de cada 8 especies de aves del mundo, estarán en peligro de extinción. La flora cubana también se encuentra sometida a estas amenazas, pero con la agravante de que más del 51% de las especies son endémicas.

Los impactos más importantes provocados por las actividades desarrolladas por el hombre sobre los ecosistemas son: la destrucción y fragmentación de hábitat, los cambios climáticos, la contaminación, las especies introducidas y la sobreexplotación (Leal, 2000).

Por esta razón se hace necesario encaminar estudios hacia el establecimiento de sitios de conservación. Se plantea que cada área preseleccionada se evalúa en términos de calidad como hábitat para conservar por tiempo indefinido, contenido de diversidad objetivo, condiciones edafoclimáticas y costo relativo de convertirla en sitio de conservación.

Un sitio de conservación debe tener la mayor diversidad genética y morfológica posible, grandes poblaciones o poblaciones cuyo tamaño se pueda incrementar fácilmente, el mayor rango posible de condiciones eco geográficas, condiciones que aseguren la conservación a largo plazo y un costo de adecuación y mantenimiento favorable en comparación con otras posibles áreas. Estas



características sirven de punto de referencia
verificar la selección de sitios de conservación

El objetivo de caracterizar las poblaciones es
encuentran y definir el tamaño conveniente

Consiste en determinar cómo se distribuye el
ecosistema, qué especies contienen y cómo

poblaciones están concentradas o dispersas
exploratorias al ecosistema y complementarias con la información existente

(Baena *et al.*, 2003).

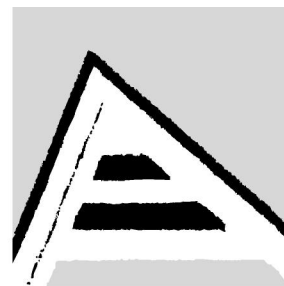
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

En este sentido, según Leal (2000), plantea que el primer paso para conservar
es conocer lo que existe y cual es su estado.

IPGRI (2003), señala que la decisión de conservar *in situ* resulta de identificar
una fracción de biodiversidad de valor para el hombre que está amenazada o
se está perdiendo. El deterioro de un ecosistema natural se manifiesta en la
reducción de las poblaciones que lo componen, especialmente en la pérdida de
especies nativas, a causa de la tala y quema de vegetación, y de la
contaminación de suelos y aguas. Se le conserva porque mantiene la
diversidad en evolución y equilibrio para generar nueva diversidad biológica.

Para Baena *et al.* (2003), el estado del ecosistema se determina evaluando los
ambientes y las poblaciones. Los ambientes se evalúan en términos de
cantidad de biomasa, materias orgánicas y nutrientes que producen, cantidad y
calidad del agua que circula y características físicas, químicas y biológicas del
suelo. Las poblaciones se evalúan en términos de tasa reproductiva, número
de individuos, dispersión y colonización, presencia o ausencia de especies
nativas e invasoras y grado de erosión genética de las especies. El resultado
de estas evaluaciones indica si el ecosistema está en equilibrio, si está en
equilibrio pero amenazado o si se ha deteriorado.

En un ecosistema en equilibrio la diversidad genética se mantiene o
incrementa, las poblaciones se reproducen, las zonas núcleo se expanden y el
ambiente (suelo y agua) es estable y propicio. Conservarlo consistirá en evitar
que sus componentes se alteren, tomando medidas como restringir el acceso a
las zonas núcleo, evitar el efecto de actividades nocivas y concientizar a las
poblaciones locales para que colaboren en la conservación. Puede ocurrir que
el ecosistema esté en equilibrio pero que se hayan detectado actividades que



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

lo deterioren, como la explotación maderera o la urbanización. En este caso será necesario de actividades, si ese efecto se puede evitar o reducir y autoridades pertinentes tomen las medidas necesarias.

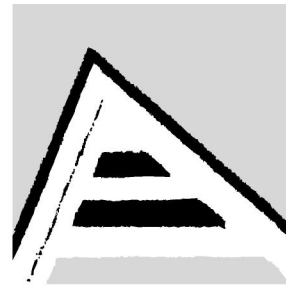
Un ecosistema deteriorado muestra población reducida, pérdida de especies nativas, suelos y aguas contaminados, zonas núcleo fragmentadas. Estas alteraciones pueden ser por explotación agrícola, pecuaria o industrial dentro o cerca de la reserva, o de la urbanización. Si este es el caso, el equilibrio se restablece recolonizando las zonas sin vegetación, reforestando los nacimientos de agua, reintroduciendo las especies perdidas y erradicando las invasoras, descontaminando las aguas y restringiendo las actividades que puedan amenazar el ecosistema (Baena *et al.*, 2003).

La FAO (2005), enfatiza en fortalecer y ordenar con mayor eficacia el manejo de los bosques naturales para ser utilizados como fuente de riquezas y como cobertura de protección, también revela que en los últimos años el tema de la educación forestal viene siendo revisado y sometido a discusión como consecuencia del análisis de ciertos indicadores que revelan dificultades en el sector y se proyecta para promover nuevos esquemas de gestión que permitan fortalecer el papel de las comunidades en el manejo, administración y uso sostenible de las áreas con bosques.

Según Álvarez y Varona (1988), cuando se habla de bosques naturales se hace referencia a cualquier comunidad o biocenosis forestal que no ha sido establecida por el hombre, sino que por las propias fuerzas remanentes de la naturaleza del bosque y que por su valor biológico, ecológico, cultural y económico aconsejan su conservación y mejora.

Los pinares de la provincia de Pinar del Río y de Cuba en general son de gran importancia económica; estos producen madera para múltiples usos y ocupan, por regla general, suelos poco convenientes para la agricultura intensiva. Sin embargo, la producción actual de los pinares está muy por debajo de las posibilidades potenciales debido a la destrucción que sufrieron los mismos en el pasado, como consecuencia de la explotación comercial sin control silvícola, los fuegos, el pastoreo incontrolado y otras prácticas que provocaron una degradación acelerada de los mismos (Samek y Del Risco, 1989). Estos

mismos autores plantean que aunque la recolonizada relativamente tarde (entre los siglos XIX y XX) produjo el hombre en la naturaleza en el curso de la historia. Teniendo en cuenta la importancia de los recursos forestales cubanos, las realidades y necesidades, además de la experiencia refrendada en los numerosos convenios, programas y acuerdos internacionales tienen lugar relacionados con el medio ambiente, la política forestal del Estado cubano es más certera en la implementación de métodos y técnicas para el logro del manejo forestal sostenible. El estado cubano ha brindado todo el apoyo posible al uso, cuidado y conservación de los bosques, incluso en los períodos económicamente más difíciles del país (Herrero, 2004).

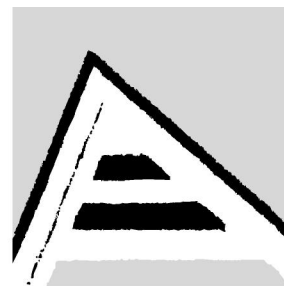


Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.2 Materiales y métodos.

2.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

Este trabajo se realizó en áreas naturales de *Pinus caribaea*, evaluando un total de 8 poblaciones: Marbajita, La Jagua, Galalón, Viñales, Sabana Lamer, Las mismas se encuentran distribuidas geográficamente en el centro y sur de la provincia de Pinar del Río, (Figura 1), encontrando un mayor número de áreas en



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

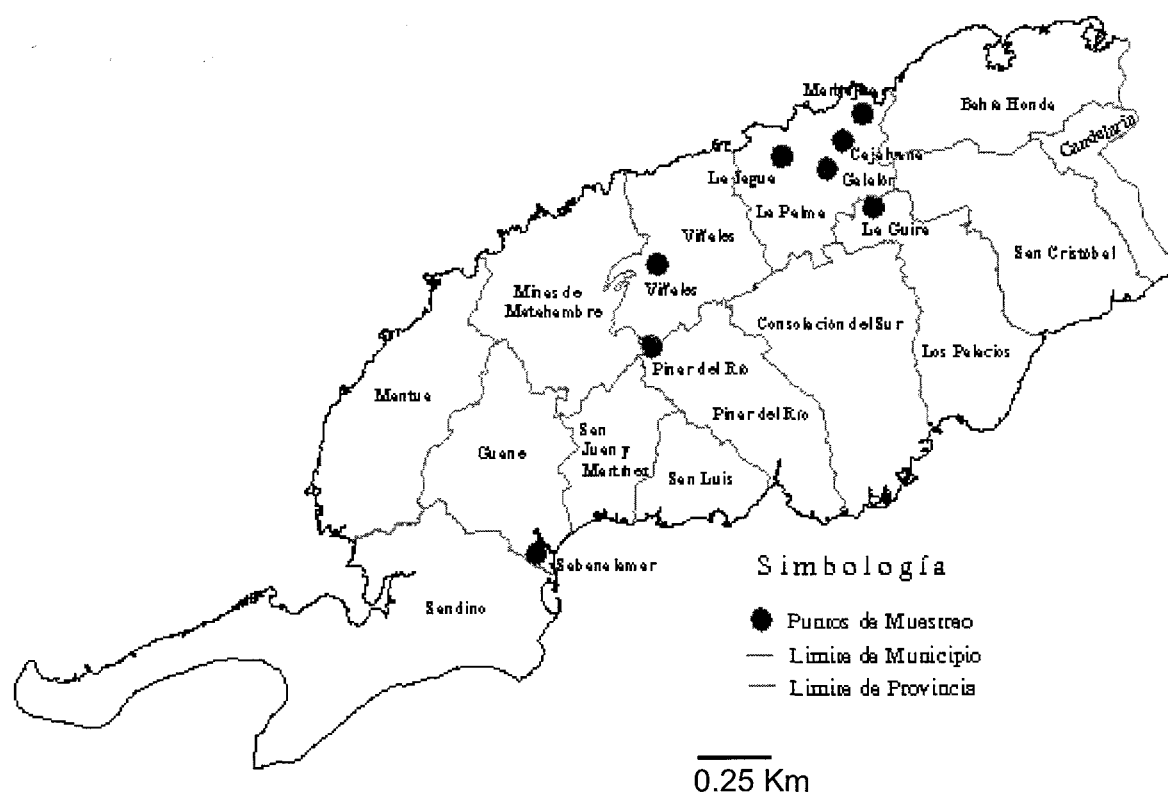


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo.

La Tabla 3 muestra las coordenadas geográficas de las localidades muestreadas.

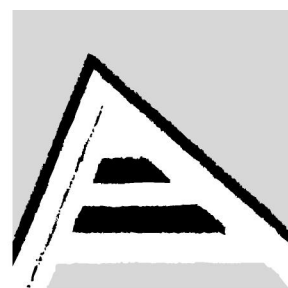


Tabla 3. Coordenadas geográficas de las localidades muestreadas.

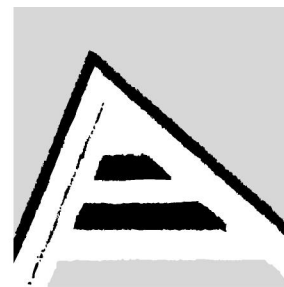
Localidades	Coordenadas		
	Latitud (m)	Longitud	
Cajálbana	22° 41'	83° 30'	150
Marbajita	22° 34'	83° 32'	110
La Jagua	20° 40'	83° 45'	150
Galalón	22° 40'	83° 30'	200
Viñales	20° 40'	83° 45'	38
Sabanalamar	22° 05'	84° 15'	196
Pinar del Río	22° 20'	84° 00'	110
La Güira	22° 40'	83° 37'	

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.2.2 Toma de información sobre dinámica de los bosques naturales de la especie.

Para caracterizar la dinámica forestal de la especie, se tomó información de los registros del Servicio Estatal Forestal (SEF), en las 8 Empresas Forestales Integrales (EFI) que integran el sector en la provincia Pinar del Río (Bahía Honda, Costa Sur, La Palma, Pinar del Río, Minas de Matahambre, Viñales, Guanahacabibes y Macurije), en un período de seis años, desde el 2000-2005. Posteriormente, se procedió a tomar información detallada en las EFI que cuentan actualmente con patrimonio natural de la especie (Viñales, La Palma y Pinar del Río), debido a que en la dinámica del SEF, los bosques naturales se registran por formación de pinares, y no a nivel de especie.

Para obtener las informaciones necesarias se auxilió de los registros de Ordenación Forestal de cada una de las empresas, en los diferentes años de evaluación, y se obtuvo, datos históricos de superficie de la especie, superficie actual de cubierta, superficie de tala, afectaciones por incendios forestales, datos de utilización de los volúmenes maderables en los bosques naturales de la especie en los últimos seis años e incrementos dasométricos de la especie.



También, como parte de la dinámica, se patrimonio genético de la especie, a través del Forestal de Viñales, Pinar del Río, visitando clones y masas semilleras de la especie: bueno, regular y malo, en dependencia del grado

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.2.3 Metodología para la evaluación del estado de las masas naturales de la especie.

El estado de conservación de las poblaciones de estudio se evaluó a través de descripciones de la masa, donde se establecieron los siguientes criterios: grado antropogénico, estructura de la vegetación (clases diamétricas, niveles del vuelo arbóreo y composición de la vegetación), presencia de talas, presencia de la regeneración natural, estado sanitario y categorías de manejo (áreas protegidas de recursos manejados, reservas florísticas de manejo, parques nacionales y áreas experimentales de genética forestal). Para ello se levantaron parcelas cuadradas de 100 m².

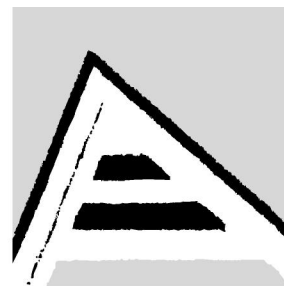
El grado antropogénico se describió como bajo, moderado, y de alta antropización, considerando **bajo** aquellos sitios que resultaron con poca o casi ninguna alteración (menos del 5 %), como **moderada**, los que muestran cerca de un 50% de afectaciones por el hombre y **alta** antropización, los que reflejan una gran influencia antrópica (más del 80 %).

La estructura de la vegetación, se evaluó teniendo en cuenta las clases diamétricas, los niveles del vuelo arbóreo y la composición de la vegetación (Lamprecht, 1990 y Louman *et al.*, 2001).

Los niveles del vuelo arbóreo fueron estimados a partir de la clasificación de estructura vertical del vuelo seguida por Leibundgut (1958), citado por Lamprecht (1990), donde plantea que el piso superior presenta una altura mayor de 2/3 de la altura superior del vuelo, el piso medio, una altura mayor que 2/3 y menor que 1/3 y el piso inferior, una altura menor de 1/3 de la altura superior del vuelo.

La composición de la vegetación se describió identificando por cada área las especies dominantes.

Las talas se evaluaron sobre la base de observar la regeneración natural, identificando regeneración latizal, según lo descrito por (Sáenz y Finegar



El estado sanitario se evaluó de bueno, regular, aquellos rodales que presentan menos del 5 plagas y enfermedades; regular, cuando se encuentran afectaciones en el arbolado y malo cuando se encuentre afectada.

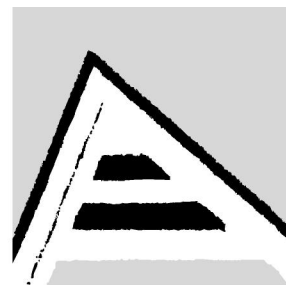
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Las informaciones sobre categorías de manejo (áreas protegidas de recursos manejados, reservas florísticas de manejo, parques nacionales y áreas experimentales de genética forestal, ya sea en pruebas de procedencias, pruebas de progenies, huertos semilleros y bancos clonales), fueron obtenidas de la Estación Experimental Forestal Viñales, Pinar del Río y (CITMA, 2004).

Con toda esta información se hizo una clasificación de la intensidad de las amenazas percibidas en 5 categorías: muy amenazadas, amenazadas, vulnerable, riesgo reducido y no hay riesgo. Considerando la categoría muy amenazada cuando se cumplen los siguientes supuestos: fuerte acción antrópica, mala estructura de la vegetación, lo cual se corresponde con pequeñas clases diamétricas y poca o ninguna estratificación de la vegetación, también se tuvo en cuenta la presencia de talas, poca o ninguna regeneración natural, que presente afectaciones por plagas y enfermedades y que sus orígenes geográficos no se encuentren conservados bajo alguna forma de conservación, *ex situ* e *in situ*. Las demás categorías fueron consideradas respectivamente, teniendo en cuenta los criterios planteados en orden descendente del daño que ocasiona, definiendo la categoría riesgo reducido, en aquellos sitios que muestren buen grado antropogénico, buena estructura de la vegetación, que no se observen talas, buena regeneración natural, buen estado sanitario y cuando sus individuos estén conservados en más de una categoría.

Todo esto sirvió para estimar y cuantificar el nivel de seguridad de la especie en cada una de las poblaciones estudiadas. Este se determinó a través de una escala de 1 a 5, donde el 1 representa el máximo nivel de seguridad, el 2, medio nivel de seguridad, el 3 bajo nivel de seguridad, el 4 riesgo y el 5 indica

nivel mínimo, considerando que a medida que las amenazas son más suaves, la población está menos expuesta a que ocurran pérdidas inmediatas o a largo plazo, síntoma de un alto riesgo de pérdida genética. Las categorías de amenaza y los niveles de riesgo están ubicados geográficamente en una figura, con la que se puede observar (García Quintana, 2000).



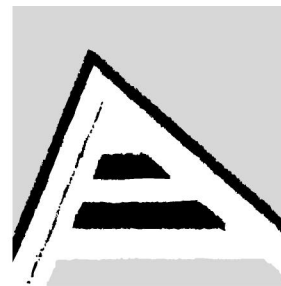
Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

2.2.4 Entrevista aplicada a especialistas del sector forestal.

Se realizó una entrevista a especialistas del sector forestal (Anexo 1), con el objetivo de determinar cuáles han sido las principales causas que han provocado la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, determinando el tamaño de la muestra a través del método propuesto por Calero (1976), con un error experimental de 0.10 y un nivel de confiabilidad del 95%, aunque se tomó una muestra mucho mayor para trabajar con mejor efectividad, entrevistando un total de 50 especialistas, los cuales asignan una puntuación que oscila desde 1 hasta 3 por cada causa, considerando el valor 1. con nula incidencia en la pérdida de bosques naturales, el valor 2. con poca incidencia y el 3. indica que la causa incide en la pérdida de estas áreas. El tamaño de la población fue obtenido por la Dirección de Recursos Humanos, Ministerio de la Agricultura (2006).

2.2.5 Procesamiento estadístico.

La información fue procesada utilizando el paquete estadístico SPSS ver. 10.0. Con los datos de la entrevista realizada a especialistas del sector forestal, se determinaron medidas descriptivas (moda, desviación estándar y el coeficiente de variación). También se realizó un dendrograma de acuerdo a los criterios aportados por los especialistas, con el objetivo de formar grupos de similitud y determinar cuáles han sido las principales causas que han provocado la pérdida de las áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el ligamiento de promedios de grupos como método de aglomeración.



2.3 Resultados y discusión.

2.3.1 Dinámica de plantaciones de *Pinus c*

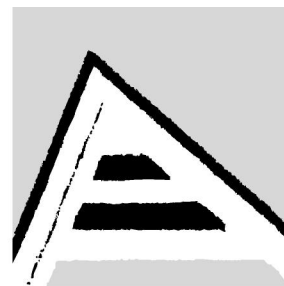
La Tabla 4, representa la superficie foresta empresa, en el período evaluado (2000 superficie de plantaciones de la especie en las empresas, con excepción de Bahía Honda, caracterizado por presentar poca superficie c

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Tabla 4. Superficie de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, por ha, en el período 2000-2005.

Empresas	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Macurije	26 056.40	25 462.90	25 571.00	26 049.20	26 791.20	26 873.40
La Palma	5 769.50	5 831.95	5 783.00	5 859.30	6 375.20	5 114.60
Minas Matahambre	15 546.10	15 640.00	15 905.00	16 043.00	16 155.70	17 250.40
Viñales	10 538.4	10 578.4	10 531.4	10 306.3	10 333.9	11 781.1
Costa Sur	583.58	735.70	760.30	839.70	841.10	271.78
Bahía Honda	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	15.00
Pinar del Río	776.10	785.60	772.00	755.90	791.60	565.84
Guanahacabibes	1 498.10	1 292.30	1 172.30	1 055.20	1 004.50	940.9

Fuente: Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. 2005.



2.3.2 Dinámica de bosques naturales de Pinar

2.3.2.1 Superficie cubierta por formación de pinos

En la Tabla 5, se presenta la superficie cubierta por formación de pinares en la provincia de Pinar del Río.

Tabla 5. Superficie cubierta por formaciones de pinos en la provincia de Pinar del Río, 2000-2005.

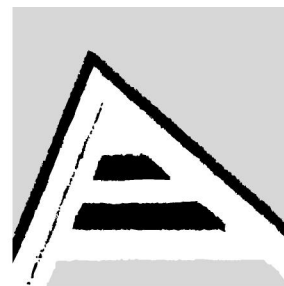
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

EFI	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Macurije	9 877.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6
La Palma	6 408.7	6 180.9	5 851.5	5 547.1	5 223.7	5 052.8
Minas	15	15	15	15	15	15
Matahambre	346.3	751.3	777.3	777.3	763.3	683.8
Viñales	7 978.6	7 978.6	7 978.6	7 978.6	7 928.1	7 875.4
Costa Sur	75.00	75.00	66.60	66.60	66.60	66.60
Bahía Honda	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60
Pinar del Río	3 766.8	3 765.8	3 765.8	3 764.2	3 722.5	3 722.5
Guanahacabibes	0	0	0	0	0	0

Fuente: Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. 2005.

La EFI Minas de Matahambre, históricamente en los seis años de estudio, se destaca por presentar mayor superficie cubierta, teniendo ligeras variaciones en lo que respecta al período de evaluación (2000-2005), en esta empresa es significativo destacar un considerable aumento de 405 ha de superficie en el período 2000-2001, debido a que esta entidad en el informe de dinámica del año 2000 dejó de incluir esta superficie que pertenecía a la categoría de protectores de aguas y suelos, incorporándose al año siguiente en los registros de dinámica del SEF.

El análisis de la dinámica a nivel de empresa refleja una continua disminución en la superficie cubierta por formación de pinares del territorio La Palma, ubicándose en esta región las principales fuentes semilleras naturales de la especie en estudio, reconocidas por (Pérez, 1990, Pérez, 1997, Pérez *et al.*, 2000).



Las fluctuaciones enmarcadas en el período 1980-1988, se fundamentan principalmente a la respuesta que ha tenido la situación provocada por dos intensos huracanes en el año 2002. Estas catástrofes naturales dejaron casi la tercera parte de su fondo habitacional y la infraestructura del secado del tabaco, en el territorio, reportándose que al cierre del año 2002 de las viviendas afectadas por los huracanes I y II, las afectaciones ocurridas en la infraestructura del sector estatal (Díaz, 2004), y en este período, se reduce un porcentaje de la superficie cubierta de algunas empresas.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2.3.2.2 Superficie cubierta por *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

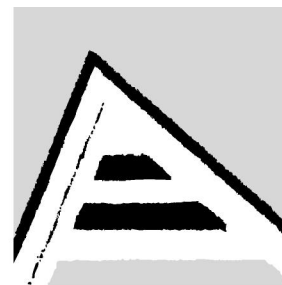
La superficie cubierta por bosques naturales de la especie, ha sido un tema de trascendental importancia y discutido por diferentes especialistas, debido a las afectaciones que han sufrido estas poblaciones. La Tabla 6, muestra la superficie de tala en bosques naturales de la especie.

Tabla 6. Superficie de tala de bosques naturales de la especie en diferentes períodos.

EFI	Período de evaluación (años)	Superficie talada (ha)
Viñales	88-97	254
Pinar del Río	88-97	-
La Palma	80-89	377
	88-97	714

Fuente: Proyecto de Ordenación Forestal Viñales (1988), Pinar del Río (1988) y La Palma (1980, 1988).

Los datos históricos indican que la especie ha sufrido pérdidas en sus áreas naturales, siendo mayores en la EFI La Palma, observándose que en 17 años la misma pierde una superficie de 1 091 ha y en solo 10 años 714 ha, por lo que sería necesario proyectar lineamientos en la especie, de forma tal que se garantice una adecuada conservación de los bosques naturales y se promueva



a una mejor planificación de las actividades plantaciones, las cuales ocupan actualmente 2005), garantizando actividades de mantenimiento el objetivo de alcanzar grandes volúmenes de la especie y sólo aprovechar las áreas naturales etapa clímax y por corta selectiva, de forma controlada de la masa natural, siendo los máximos responsables.

La siguiente tabla muestra la superficie cubierta actualmente se desarrolla la especie, así como los planes de tala y pérdidas por incendios forestales en los 6 años de evaluación.

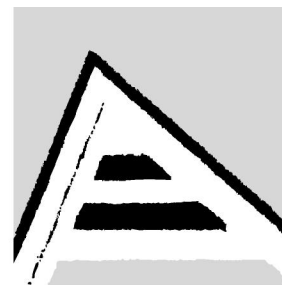
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Tabla 7. Superficie cubierta, talas y pérdidas por incendios (ha), en bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el período 2000/2005.

EFI		2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
La	Existencia	5778.1	5550.3	5220.9	4916.5	4593.1	4422.2	
Palma	Plan tala	227.8	329.4	304.4	323.4	170.9	129.4	1485,3
	Pérdidas incendios	-	-	-	-	-	855	855
Viñales	Existencia	784	784	784	784	784	777	
	Plan tala	-	-	-	-	-	-	
	Pérdidas incendios.	-	-	-	-	7	-	7
P. Río	Existencia	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6	
	Plan tala	-	-	-	-	-	-	
	Pérdidas incendios.	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Dinámica Forestal EFI La Palma, Viñales y Pinar del Río.

Como puede observarse en la tabla anterior la EFI La Palma es la que presenta mayor área cubierta de bosques naturales de la especie en estudio, siendo además la de mayores pérdidas de superficie ya sea por incendios forestales o por talas de aprovechamiento, perdiéndose en solo 6 años 1 485.3 ha por talas y 855 ha por incendios.



2.3.2.3 Incrementos dasométricos en la especie

La Tabla 8, informa sobre datos dasométricos en las empresas donde se desarrolla de forma natural

Tabla 8. Incrementos dasométricos.

EFI	d(cm)	h(m)
Viñales	17.66	13.89
La Palma	22.63	16.93
Pinar del Río	<u>24.25</u>	<u>17</u>

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Datos medios de altura y diámetro tomados de los Proyectos de Ordenación.

Estos resultados indican que la especie presenta los mayores incrementos en altura y diámetro en áreas de la EFI La Palma, siendo reportado estos sitios como idóneos para el desarrollo de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, según Samek y Del Risco (1989), y los menores incrementos responden a la EFI Viñales, coincidiendo con lo expresado por García *et al.* (2004), donde manifiestan pocos incrementos de la especie en estos ecótopos, agregando que los sitios de Viñales se ajustan más a los requerimientos naturales de *Pinus tropicalis* que a los de la especie en estudio, debido a la pobreza de sus suelos.

2.3.2.4 Utilización de la especie.

La Tabla 9, representa la utilización de los volúmenes maderables obtenidos en los últimos 6 años a partir de los planes de tala, para la EFI La Palma, única entidad que ha talado en este período. En la misma se puede observar que dentro de los diferentes usos, la producción de madera en bolo es el surtido que presenta mayor volumen, también se aprecia una mayor utilización en los años 2002 y 2003. Este criterio es muy importante ya que la utilización adecuada de un recurso condiciona su sostenibilidad.

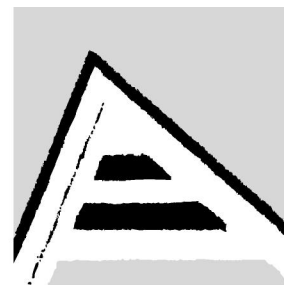


Tabla 9. Utilización de los volúmenes mad *caribaea* en los últimos 6 años.

Años	Bolo (m ³)	Rolliza (m ³)	Le	
2000	25012.9	6253.2		
2001	24965.8	6241.4		
2002	27365.8	6841.9		
2003	27170.7	6792.6		
2004	17695.6	4423.9		
2005	14026.0	3506.5	5844.1	23376.6

Fuente: Dinámica Forestal EFI La Palma.2000/2005.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

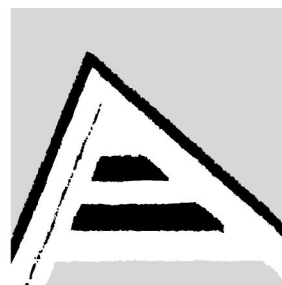
2.3.2.5 Patrimonio genético de la especie en unidades asociadas a programas de mejora.

Para lograr que los bosques sean rentables y obtener de ellos sus beneficios, es necesario tener en cuenta el recurso genético. Este término se refiere al valor económico, científico o social de la variación genética que existe dentro de una especie y entre especies diferentes (Mercadet, 2001).

En la Tabla 10, se presenta una breve caracterización del patrimonio genético de la especie en la provincia.

Tabla 10. Caracterización y estado actual del patrimonio genético de la especie en Pinar del Río.

Categorías	Localización	Supf. (ha)	Utilización actual	Prod. (Kg)	Estado actual
Huerto Semillero Malas aguas	Malas Aguas (M. Matah)	187	Consumo nacional y exportación	50-125	Regular
Huerto Semillero Martinitas	Guanahacabibes (Sandino)	20	Consumo nacional y exportación	50-125	Regular
Masa Semillera Marbajita	Marbajita (La Palma)	720	Consumo nacional y exportación	350-1058	Regular
Masa Semillera Cajálbana	Meseta de Cajálbana. (La Palma)		Consumo nacional y exportación	350-1058	Malo



Como se aprecia en la Tabla 10, el estado Semilleros de la especie *Pinus caribaea* va donde predomina una moderada antr silviculturales relacionadas con su mantenim el caso de las masas semilleras la situación (estado de regular y malo, encontrándose las Cajálbana), unificándose la 101 y 102 con Cajálbana) como otra independiente, las

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

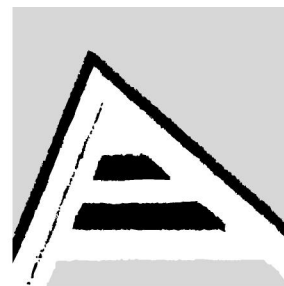
incendios forestales e insecticidas de otros cultivos, lo que demuestra la importancia de conservar parte de este patrimonio donde están representados genotipos ideales de este taxón, además de encontrarse en esta zona la mayor fuente de producción de semilla, certificada internacionalmente. Siendo esta población recomendada por Pérez (1990), como la fuente semillera preferencial para utilizar en los planes de reforestación a nivel nacional por sus elevados incrementos medios anuales.

Los niveles de producción de las masas semilleras aunque en la tabla se evidencia en un rango no descrito anualmente, es importante señalar que en los últimos 4 años su producción ha disminuido paulatinamente (1 058, 760, 508 y 350 Kg.), debido fundamentalmente al creciente deterioro que han sufrido estas poblaciones.

3.3 Estado actual de conservación de las áreas naturales de la especie.

3.3.1 Actualización de las áreas de distribución natural de la especie.

La continua degradación y pérdida de las áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* es un tema de interés por parte los investigadores. Reportes brindados por González *et al.*, (1983) y Betancourt (1987) , reflejan la existencia de la especie de forma natural en una gran diversidad de ambientes cubriendo prácticamente toda la extensión de la provincia Pinar del Río; y actualmente esta se ha reducido, y en otros sitios ha desaparecido completamente. La Figura 2 (Anexo 2), representa la actualización de los areales de la especie y su ubicación geográfica.



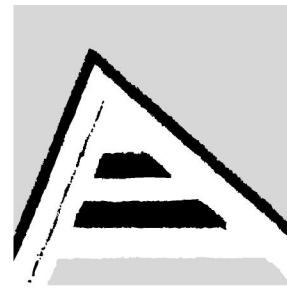
3.3.2 Estado actual de conservación.

La Tabla 11, refleja las evaluaciones realizadas

Tabla 11. Evaluación de los criterios definidos para la conservación de las localidades.

Localidades	G.A	Estructura vegetación						
		CD	N.V	C.V				
La Jagua	R	23	PS	Pc	x		R	AE
La Guira	B	26	PS, PI	Pc		x	B	APRM, AE
Marbajita	R	21	PS, PI	Pc		x	R	AE, MS
Galalón	R	17	PM, PI	Pc, Pt	x	x	R	-
Viñales	R	17	PM, PI	Pc, Pt, Qc	x		R	PN, AE
P. del Río	R	24	PS	Pc, Pt			B	-
Cajálbana	M	24	PS	Pc	x		R	AE
Sabanalamar	B	15	PS, PM, PI	Pc, Pt, Qc		x	B	RFM

Leyenda: GA (Grado antropogénico), B (Bueno), R (Regular), M (Mal); CD (Clase diamétrica), N.V(Niveles del vuelo arbóreo),PS (piso superior), PM (piso medio), PI (piso inferior), CV (Composición de la vegetación; Pc, *Pinus caribaea*, Pt, *Pinus tropicales*, Qc, *Quercus oleoides*); T (Talas), X (presencia de talas); R.N (Regeneración natural), X (Presencia de regeneración natural); ES (Estado sanitario), B (Bueno), R (Regular), M (Mal) y C.M (Categorías de manejo), AE (Áreas experimentales de genética forestal), APRM (Área protegida recurso manejado), MS (Masa semillera), PN (Parque nacional), RFM (Reserva florística manejada).



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Los resultados obtenidos en la tabla anterior son favorables para caracterizar de bueno el estado de las localidades de estudio, reflejando la existencia de bosques con fuerte grado de antropización, afectados por una nula regeneración natural, y presencia de perturbaciones, que han provocado el deterioro de algunos lugares y zonas de aislamiento donde actualmente se encuentran aislados, de tal modo que el interés es improbable.

La OIMT (2006), señala que desde principios de los años setenta, se ha observado una inquietud generalizada con respecto al ritmo en que se está deteriorando o destruyendo los bosques tropicales.

La Figura 3, muestra un área de Cajálbana, donde el fuego ha devastado gran parte de esta población, siendo este uno de los sitios más antropizados actualmente, localizándose en esta región los bosques más extensos de esta variedad, mejor conformados, con buena estructura y reportado dos décadas atrás como uno de los lugares más conservados, según (González *et al.*, 1983), por lo que se deben tomar medidas urgentes para controlar e impedir que los mismos continúen deteriorando las masas a este ritmo, y más cuando aún predominan ejemplares de buen fenotipo, con clases diamétricas muy superiores a las reportadas en otras localidades (Figura 4).

La Güira (Figura 5), se presenta, como una de las áreas más conservadas, independientemente de que su superficie es muy reducida, pero los individuos que quedan poseen buen estado, la estructura de la vegetación es buena, están conservados bajo diferentes categorías de manejo y poseen buena



Figura 3. Cajálbana

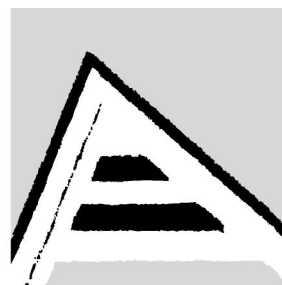


Figura 4. Cajálbana



Figura 5. La Güira

regeneración natural, considerando este último como uno de los elementos más importantes que contribuye al mantenimiento de los bosques, coincidiendo con lo expresado por la FAO (1996) manifiestan que la regeneración natural es la más claramente definida para la conservación. También reconoce además el estado de conservación de la localidad Sabanalamar, que presenta una situación similar al origen geográfico anterior (Figura 6), también predominan genotipos con muy buenas características en las masas naturales de Marbajita (Figura 7), aunque las mismas han sufrido un poco el efecto de las talas.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

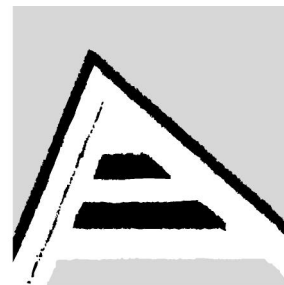


Figura 7. Marbajita

La Figura 8, muestra las categorías de amenaza definidas para cada una de las localidades de estudio, obsérvese que de las 8 localidades analizadas una se clasifica en categoría de amenaza, cuatro en estado vulnerable y tres de riesgo reducido, es importante destacar que existen algunas áreas que actualmente están bajo alguna categoría de amenaza y sin embargo la evaluación de cada uno de los criterios es favorable, esto se debe, fundamentalmente, a que sólo existen relictos de vegetación. Por su parte, Byram *et al.* (2000), realizaron un estudio similar en poblaciones de *Pinus taeda*, considerando que no existe razón para temer a una pérdida inmediata de variación genética debido a la abundancia y extensión de sus áreas, siendo este uno de los pinos meridionales más abundantes y extensamente adaptados y distribuidos, por lo que no se considera en ninguna categoría de amenaza ni de peligro.

También se reportan estudios sobre el estado de conservación en poblaciones de *Pinus jaliscana* en las montañas del oeste de Jalisco, en México, considerando el sector el Tuito en estado vulnerable y otras áreas en riesgo reducido, debido a que las masas están intactas con poca presión de actividades humanas (Dvorak *et al.*, 1999).

Matheson *et al.* (1999), por su parte mani
Pinus radiata están amenazados por el
enfermedades.



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

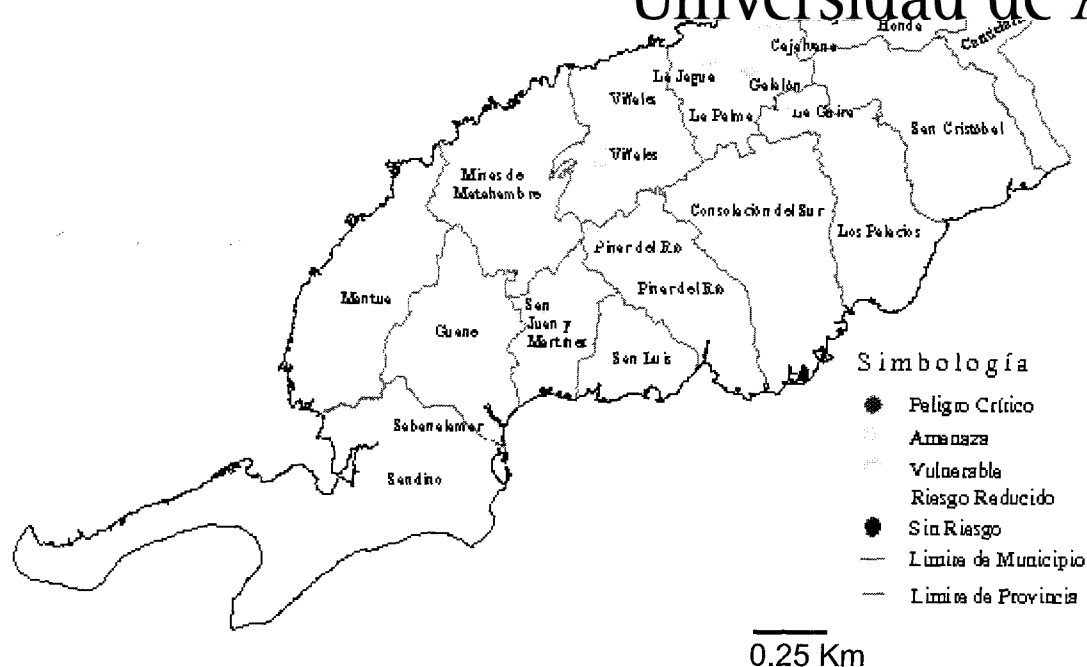


Figura 8. Categorías de amenaza.

Los niveles de seguridad (Figura 9), determinados a partir de las categorías de amenaza en cada población, se presentan en los niveles 2, 3 y 4, o sea medio nivel de seguridad, bajo nivel de seguridad y nivel de riesgo.



Tabla 12. Valores descriptivos de la entrevista realizada a especialistas del sector forestal.

57

Estos resultados manifiestan que gran parte de los criterios muy similares respecto a las causas de pérdida en estas áreas.

El dendrograma (Figura 10), muestra la forma de agrupación de similitud entre las causas que han provocado la pérdida natural en la especie. El primer grupo está conformado por el uso forestal, manejo inadecuado y los incendios forestales.

La conversión a otros usos de la tierra, el uso de huracanes. Estas agrupaciones, al igual que los valores estadísticos descriptivos de la tabla anterior indican que las principales causas que han provocado esta pérdida son el manejo inadecuado, el aprovechamiento forestal y los incendios forestales, atribuyéndole menor peso, a los huracanes y las talas furtivas, coincidiendo con reportes de la FAO (2003), donde se reconoce que las prácticas silvícolas inadecuadas pueden reducir considerablemente la producción maderera, aunque también refiere, sobre todo para los países tropicales, que la extracción excesiva de leña, la conversión a otros usos de la tierra especialmente la expansión agrícola y el pastoreo son factores que han incidido negativamente en la pérdida de superficie de los bosques.

Por su parte la FAO (2005), le imprime un carácter prioritario a los incendios forestales en diferentes regiones de América Latina y el Caribe, convirtiéndose estos en la causa principal de degradación de los bosques.

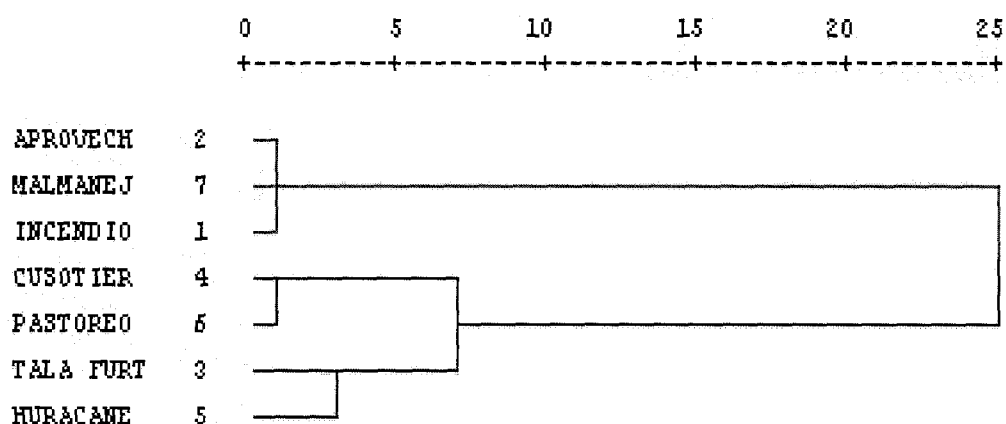
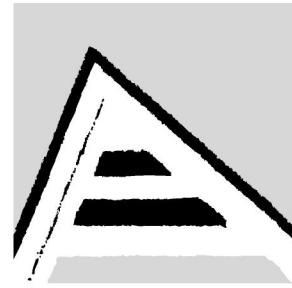


Figura 10. Dendrograma que muestra el nivel de similitud entre las causas que han incidido en la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.4 Conclusiones

- Se aprecia una disminución en las poblaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, cuyas causas fundamentales han sido el aprovechamiento inadecuado y los incendios forestales.



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

- Las zonas más conservadas resultaron ser La Guirra, Marbuja y Sabanalamar, definidas en categorías de riesgo reducido; y Cajálbana la más antropizada, en categoría de amenaza.
- En las poblaciones de estudio se presentan niveles de seguridad medio, bajo y de riesgo, perteneciendo la localidad de Cajálbana a este último nivel.

Capítulo 3. Ecofisiología de la especie *P.*

3.1 Introducción

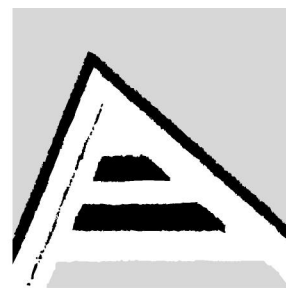
En los últimos años ha aumentado considerablemente el número de estudios ecofisiológicos en los árboles forestales.

La ecofisiología, es la ciencia que estudia los factores abióticos y bióticos. El objetivo es comprender los mecanismos fundamentales de los procesos fisiológicos en el medio y el funcionamiento de diversos organismos en su hábitat.

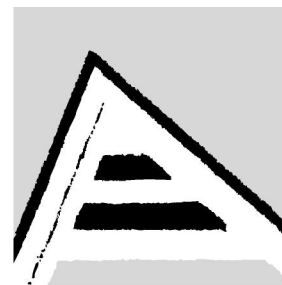
La misma adquiere cada vez mayor importancia debido a que el conocimiento de la diversidad estructural y funcional del mundo vegetal es lo que finalmente explica su amplia distribución. El famoso naturalista Inglés Charles Darwin propuso la teoría de la evolución (1858), la cual contiene dos componentes principales, uno que las especies no son inmutables, sino que cambian o se adaptan a lo largo del tiempo y el otro que el agente que produce los cambios es la selección natural. Los individuos están comprometidos en una lucha permanente por la existencia, en la que los más aptos sobreviven. Esa lucha puede ser de dos tipos. La obtención de los recursos necesarios para establecerse y crecer en un medio ambiente algunas veces pobre y hostil y otro la lucha con competidores vecinos de la misma o de especies diferentes (Hernández, 2005).

La ecofisiología, estudia los fenómenos fisiológicos fuera del laboratorio, en su medio ambiente natural, el cual está sujeto a cambios y alteraciones, como resultado de fenómenos naturales o producto de la actividad humana. En este sentido, se puede mencionar por ejemplo el aumento significativo de la concentración atmosférica de CO₂ por efecto de la actividad industrial, la quema de combustibles fósiles y el calentamiento global de la atmósfera. Este factor es difícilmente controlable, como se podría hacer al estudiar las variaciones en la concentración de CO₂ sobre la fotosíntesis, lo cual es estudiado por la fisiología vegetal, bajo condiciones de laboratorio. Las plantas en su medio ambiente natural responden a las variaciones de temperatura, intensidad de luz, humedad, concentraciones de CO₂, lo cual depende de sus adaptaciones fisiológicas (Hernández, 2005).

Los estudios modernos de ecofisiología tienen el objetivo de explicar los procesos de ecología de las plantas como rendimiento, supervivencia y



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



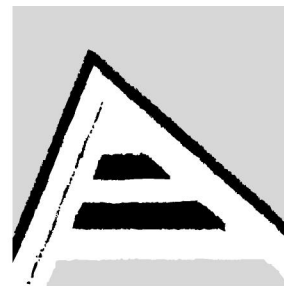
distribución en términos fisiológicos orientar los mecanismos de adaptación al estrés de las plantas a través de la plasticidad de los mecanismos de adaptación, los cuales son de gran importancia para el medio de las especies. Ha surgido como una disciplina en ecología en las que se contestan preguntas sobre su medio (Orellana y Escamilla, 1991).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Los ecofisiólogos en un principio estudiaron plantas en un medio ambiente abiótico, como por ejemplo suelos calcáreos y ácidos o en suelos secos y anegados, interacciones fisiológicas con otras plantas, animales y el beneficio de microorganismos. Mientras que, un ecofisiólogo moderno, requiere una buena comprensión tanto de los procesos moleculares que ocurren a nivel celular, como del funcionamiento de la planta intacta en un contexto ambiental (Hernández, 2005).

Un aspecto relevante en el desarrollo de la ecofisiología se obtuvo de la importancia de la fisiología para la agricultura. Incluso hoy en día, la productividad agrícola en países industrializados está limitada al 25% de su potencial, por condiciones de sequía, suelos infértiles y otros factores ambientales indeseables. Uno de los objetivos principales de las investigaciones agrícolas, ha sido el desarrollar cultivos tolerantes a estados ambientales estresantes, de tal manera que soporten condiciones climáticas adversas o que se puedan cultivar en hábitat desfavorables. Así se han desarrollado variedades de plantas tolerantes a la salinidad o que soporten el estrés hídrico (Hernández, 2005).

La ecofisiología vegetal estudia las respuestas fisiológicas frente a diferentes condiciones ambientales, desarrollando técnicas que permiten medir el medio ambiente de las plantas, las relaciones hídricas y los patrones de intercambio gaseoso. En sus inicios, se estudió el crecimiento de las plantas determinando las variaciones en biomasa, sin embargo la invención de equipos portátiles ha posibilitado medir los intercambios de CO_2 en una hoja y la conductividad estomática como un índice de la apertura y cierre de los estomas. Mediante los análisis de crecimiento, se ha podido determinar la cantidad de carbono que se deposita en raíces y hojas, así como la tasa de producción y muerte de ciertos tejidos; lo que permite una mejor comprensión



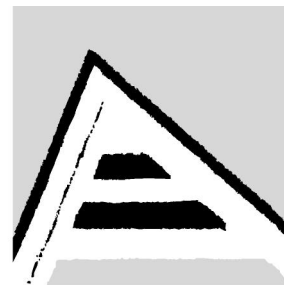
de las diferencias en el crecimiento ve ambientales. Se puede decir que la ecofisiología del entrenamiento de un ecólogo vegetal (Her Johnsen y Major (2004), manifiestan que proporciona un medio de evaluar los riesgos exclusivamente en la tasa de crecimiento. I evaluarse con varias herramientas fisiológicas al estrés. Las respuestas se pueden evaluar bajo una mayor gama de condiciones ambientales que a las que se verán expuestas en cualquier sitio durante cualquier período particular de tiempo.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Los procesos fisiológicos normales se desarrollan bajo condiciones ambientales ideales. Sin embargo las plantas raramente viven bajo tales condiciones y, usualmente falta algo, a veces varios factores se apartan de las mismas. A causa de la competencia, las plantas muchas veces viven al límite de su capacidad para sobrevivir y superar una o más condiciones adversas. Esto crea un considerable *stress* en el organismo. El cual reacciona poniendo en juego diversos mecanismos bioquímicos y fisiológicos para vencer, evitar o neutralizar aquel. El conocimiento de dichos mecanismos resulta de gran utilidad con vistas a la mejora genética y, de forma especial, en la introducción de especies en lugares de condiciones ecológicas muchas veces extremas (Medina, 2006b).

Las concentraciones de CO₂ atmosférico se están elevando y existe un consenso general de que se duplicarán durante el próximo siglo. Un aumento en el CO₂ ha mostrado, por lo menos temporalmente, que aumenta la tasa de crecimiento en plántulas de árboles forestales, también puede alterar los componentes de procesos fisiológicos de la productividad. Se ha mostrado que un aumento en el CO₂ aumenta la fotosíntesis neta y la eficiencia de uso de agua, aumenta la capacidad fotosintética, altera la distribución de biomasa y la fenología de crecimiento del brote, y disminuye la tolerancia al frío (Eamus y Jarvis, 1989; Margolis y Vecina, 1990; Johnsen, 1993; Murria *et al.*, 1994; Samuelson y Seiler; 1994), citado por (Johnsen y Major, 2004).

Johnsen y Major (2004), plantean que son diversas las herramientas y técnicas disponibles para la evaluación fisiológica y que estas varían desde aquellas



bastantes primitivas a aquellas sumamente modernas. Este tipo de cámara tiene sus aplicaciones, ventajas y desventajas. Una de las técnicas descritas por el autor es el uso de un gas gaseoso, el cual se usa para estimar la fotosíntesis y la conductancia estomatal. En las últimas décadas, la medición del intercambio de gases ha mejorado considerablemente, como la velocidad de las mediciones.

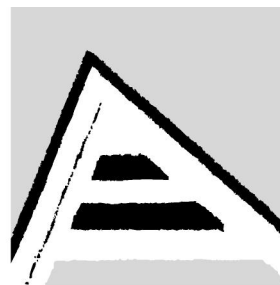
Escarré (2003), se refiere al tema en cuestión. El LI-400 es uno de los equipos más sofisticados para medir fotosíntesis y transpiración, y presenta considerables ventajas respecto a los sistemas tradicionales. Una gran ventaja del LI-400 es la posibilidad de elegir concentraciones de anhídrido carbónico, gracias a un sistema de inyección y mezcla.

La velocidad de transpiración depende tanto de la sequedad del aire (déficit de presión de vapor) como de la apertura de los estomas, la cual se estima por la medida de conductancia. La transpiración se mide al evaluar el cambio en el contenido de vapor de agua del aire que pasa sobre una hoja (Johnsen y Major, 2004).

Johnsen y Major (2004), manifiestan que la transpiración a partir de los bosques, frecuentemente es más baja que la de campos de cultivo, debido a valores relativamente bajos de conductancia del dosel (especialmente en bosques de coníferas). El acoplamiento entre follaje en la vegetación natural y atmósfera es importante para estudios ecofisiológicos del control estomático en el uso del agua, pudiendo depender de la luz, aspereza de la superficie y velocidad del viento, aspectos a considerar cuando se habla de conservación de especies.

Para Montenegro *et al.* (1981), existen especies de plantas donde la diferencia en la captación de CO_2 con respecto a la pérdida de agua por las hojas y la eficiencia del aparato captador de la luz solar, difiere en condiciones de iluminación muy distintas, sigue planteando que hay plantas que disponen sobradamente del recurso luz ya que exponen plenamente sus hojas a la luz directa, pudiendo ocurrir que dada su talla parte de las hojas de las mismas tienen que vivir a la sombra disponiendo solamente de una fracción mínima de energía que llega a la comunidad.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



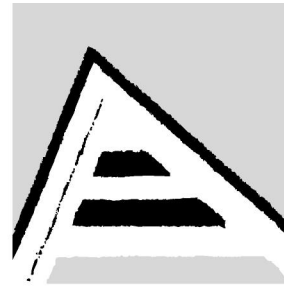
Para Meng y Arp (1993), las medidas realizarse en materiales de todo tipo. Las r hacer en ramas intactas, lo que permite qu través del tiempo. Las mediciones en árbol de escaleras o andamios para medir el abiertas. Afortunadamente, en la mayoría follaje maduro en ramas separadas durant separación y obtener una buena estimación

Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

El intercambio de gases frecuentemente muestra patrones estacionales que están relacionados con cambios en el ciclo de crecimiento, temperatura, y/o precipitación. Con frecuencia las fuentes de semilla (procedencias) muestran cambios de orden (*ranking*) a través del tiempo por lo que debe evaluarse la progresión estacional para comprender la relación del intercambio de gases con la productividad y otras características (Johnsen *et al.*, 1996).

Montenegro *et al.* (1981), señalan que las tasas de crecimiento interespecífico para las distintas especies es variable, además se puede producir una variación temporal intraespecífica por efecto de los recursos ambientales disponibles, agrega, que las tasas de incrementos de hojas, área foliar y longitud de los tallos ayuda a esclarecer las dinámicas estacionales de crecimiento de la vegetación.

Según Johnsen y Major (2004), el agua es un factor predominante que determina la distribución geográfica de la vegetación y de los árboles. Las medidas de potencial hídrico de una planta reflejan el balance entre la captación de agua por las raíces y la pérdida de agua por las hojas. La cámara o bomba de presión estima en forma rápida el potencial en laboratorio o en campo. Los tallos u hojas de las plántulas o árbol se cortan y se introducen con el corte expuesto hacia el exterior de la cámara. La presión se aplica lentamente hasta que el agua aparece en la superficie del corte, en este punto la presión en la cámara se considera en equilibrio con la tensión negativa dentro del xilema, mientras más negativa sea la tensión más negativo es el potencial y más elevado el estrés hídrico de la planta. Durante la noche, en la oscuridad, los estomas se cierran, la transpiración cesa y los árboles se rehidratan. Antes del amanecer, el potencial hídrico de las plantas se equilibra con el del suelo, así las medidas de potencial en este momento proporcionan



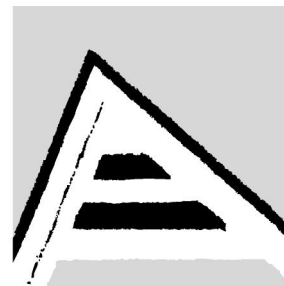
una medida del estrés hídrico mínimo a que la transpiración aumenta y su velocidad genéticas de la planta, la sequedad del aire transcurre el día el potencial hídrico de la pueden ser útiles para interpretar las mediciones. Según Medina (2006 a), el potencial hídrico de la planta. Es la fuerza con que un cuerpo interactúa con el ambiente.

Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Este se puede entender como el agua que se mueve desde el suelo a la superficie de la raíz y entra a los vasos xilemáticos hasta llegar a las células del mesófilo y luego pasar a la atmósfera, gracias al gradiente de potencial que existe en el sistema suelo-planta-atmósfera (Medina, 2006b).

Este mismo autor, refiere, que las plantas necesitan agua no solo porque este elemento forme parte de las células, sino porque actúa como disolvente, siendo necesario en la mayoría de las reacciones químicas, incluida la fotosíntesis. Además, es el vehículo de entrada de los nutrientes minerales desde la solución del suelo, a través de los pelos radicales, vía xilema, y hasta las hojas. Casi toda el agua es absorbida por las raíces. En la mayoría de las plantas el sistema radicular es una red muy ramificada que penetra en un gran volumen de suelo. El agua se absorbe por diferencia de potencial hídrico, moviéndose desde las regiones de alto potencial en el suelo a las regiones de bajo potencial en las raíces.

El movimiento neto, siempre se produce en la dirección de la disminución del potencial hídrico, es decir más alto en el suelo, algo más bajo en las células próximas a la epidermis de la hoja, debido a la evaporación del agua hacia la atmósfera vía transpiración. La ascensión se produce por un fenómeno de transpiración-cohesión-tensión. La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas de las hojas principalmente, debido al proceso de evaporación. Los estomas son pequeñas aberturas en la epidermis de las hojas, controladas por la turgencia de dos células oclusivas o guardianas que las limitan y que, según sea su grado de turgencia, hacen que el estoma se abra o se cierre, permitiendo la entrada y la salida de gases según las circunstancias. Por la noche el estoma permanece cerrado, por lo que no hay intercambio de anhídrido carbónico. El agua es vital en la producción de

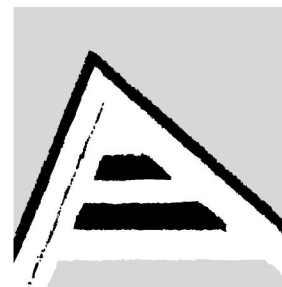


cultivos ya que el crecimiento de las células del agua. La falta de este elemento provoca la fotosíntesis y como consecuencia una menor De la cantidad total de agua que es absorbida y transpirada hacia la atmósfera, solamente se incorpora a la biomasa. Casi toda el agua a través de los poros del aparato estomático

envés de la hoja. Las hojas pierden agua por los poros estomáticos, como consecuencia de la actividad fotosintética de las células del mesófilo. Se podría decir que la transpiración es un mal necesario, ya que si los estomas no se abren no penetra el requerido CO_2 para la fotosíntesis por las células del parénquima clorofílico. El potencial hídrico de la planta está determinado por dos factores importantes que son: la humedad del suelo, que controla el suministro de agua y la transpiración que gobierna la pérdida de agua. Estos factores ejercen su acción a través de la conductancia estomática, que depende tanto del contenido de agua del suelo como de la humedad relativa del aire. Los estomas regulan el intercambio gaseoso, generalmente se abren en la luz y cierran en la oscuridad, a excepción de las plantas con metabolismo ácido de crasuláceas. Las hojas que presentan los estomas en el envés se denominan hipoestomáticas, las que lo tienen en el haz son epiestomáticas, o como ocurre en muchas plantas herbáceas que presentan estomas en ambas superficies son anfiestomáticas (Medina, 2006b). El ambiente de una planta está formado por la hidrosfera, la atmósfera y la pedósfera, pero además lo integran factores físicos y químicos en su hábitat, y la influencia ejercida por otros organismos, o sea el ambiente de cada planta es la totalidad de las condiciones externas que actúan sobre un individuo o comunidad de organismos (biocenosis) en un territorio definido (biotopo) (Hernández, 2005).

El clima es uno de los factores principales que afectan la distribución natural de la vegetación. Para Del Risco (2000), los factores climáticos son muy importantes tanto en la formación de edafótopos como en la formación de los tipos de bosques; casi todas las leyes (reglas, características y condiciones) de la formación, y distribución de los tipos, así como de la productividad del bosque están relacionadas estrechamente con el clima. Las investigaciones

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



climatológicas de campo son necesarias para las condiciones climáticas en los rodales de bosques, así como para la caracterización (fitoclimas) y para la caracterización comparativa propios de diferentes formas de relieve.

El suelo es el producto de la alteración, del n las capas superiores de la corteza terrestre, atmósfera y de los intercambios de energía que tanto un medio complejo, dinámico que evoluciona bajo la influencia de factores externos (hidrósfera, atmósfera, biosfera) (Aubert y Boulaine, 1982), citado por Lozet y Mathieu, 1986).

El suelo es un cuerpo natural, consecuencia de la acción combinada de los factores de formación, mediante los cuales ocurren los diferentes procesos que le dan origen y cuyas propiedades y características son el resultado de su formación y desarrollo. El suelo desde el punto de vista físico, puede definirse como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (sólido, líquido y gaseoso (Cairo y Fundora, 2002).

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable que recubre las rocas. Esta capa es un ente vivo que está en relación directa con la vida vegetal. Está constituido por elementos minerales, cristalinos o amorfos; por elementos orgánicos y seres vivos; agua y aire (Urquiza, 2002).

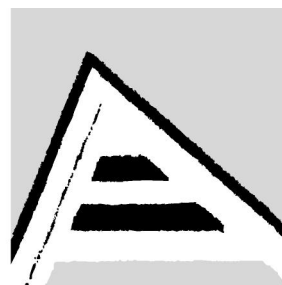
Para Hernández (2005), el suelo es un sistema de tres fases: sólido, líquido y gaseoso, y cuatro componentes mineral, orgánico, agua y aire. Un buen suelo para el crecimiento de un cultivo, tendrá 45% en volumen de materia mineral, 5% de materia orgánica y 50% de espacio poroso dividido aproximadamente en 25% de agua y 25% de aire.

Este mismo autor plantea que en los países tropicales con temperaturas altas, los porcentajes de materia orgánica tienden a ser menores (de 2,5 a 3%) debido a su rápida descomposición.

A pesar de que los suelos difieren mucho, casi todos consisten de dos o más capas horizontales, ubicadas una sobre otras. En el perfil de un suelo típico se reconocen tres horizontes principales: A, B y C. El horizonte superior o horizonte A, posee un mayor contenido de materia orgánica y tiene un color más oscuro que las capas inferiores. En este horizonte se desarrollan las

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

raíces de las plantas y en él se encuentran nemátodos y microorganismos. Por debajo del subsuelo, que es la zona de infiltración y lixiviados desde arriba, su color es más claro arcilla. Más abajo está el horizonte C que es se deriva el suelo (Hernández, 2005).



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Los componentes inorgánicos de los suelos son de roca y de minerales de varias clases. El tamaño desde grandes cantos rodados hasta partículas pequeñas de arcilla que tienen menos de 2 μm de diámetro. Las cuatro clases de partículas inorgánicas son: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla (Hernández, 2005).

Los suelos constituyen la fuente de nutrición de las plantas terrestres, la cual depende de la presencia de partículas de arcilla. Los cationes potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) están cargados positivamente y son atraídos por las cargas negativas de las partículas de arcilla. Para que los cationes puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, debe ocurrir un intercambio catiónico, lo que se logra con protones (H^+) presentes en la solución del suelo producto de la ionización del ácido carbónico y del bombeado por las raíces. Los protones se unen entonces a las partículas de arcilla y se liberan los cationes (K^+), (Mg^{2+}) y (Ca^{2+}) a la solución del suelo quedando disponibles para la absorción por las raíces (Hernández, 2005).

La fertilidad de un suelo está determinada por su capacidad para aportar nutrientes por intercambio iónico. Las partículas de arcilla intercambian con eficacia los iones cargados positivamente que son retenidos en el horizonte A, mientras que los aniones como el nitrato (NO_3^-) y el sulfato (SO_4^{2-}) cargados negativamente se lavan rápidamente del suelo por efecto del agua. La reserva de azufre, fósforo y esencialmente la única fuente de nitrógeno del suelo es la materia orgánica. La materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas parcialmente destruidas y de residuos de animales, que se descompone y mineraliza por acción de los animales y de los microorganismos del suelo. En los buenos suelos forestales, la masa de lombrices es de 20 a 80 g/m^2 y la masa de bacterias alcanza 0,3% del peso del suelo. La actividad de los organismos del suelo depende de las condiciones ambientales. En los climas tropicales, cálido-húmedos, la materia orgánica se descompone

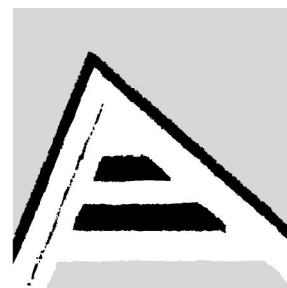
rápida y se mineraliza por completo. El suelo se encharca, la descomposición es lenta y la respiración edáfica disminuye, la cual es realizada por los organismos del suelo (Hernández, 2003).

El agua con las sales nutritivas disueltas forma las cuales son esenciales para el crecimiento en zonas áridas y semiáridas, la solución del suelo es

donde la lluvia es más abundante. Bajo drenaje, las concentraciones salinas son altas, pudiendo interferir de forma peligrosa con el crecimiento de las plantas (Hernández y Morales, 2003).

La acidez del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas, ya sea directamente a través de las concentraciones de protones (H^+), o indirectamente, por su acción sobre la absorción de nutrientes y la presencia de iones tóxicos. Cuando los valores de pH están por debajo de 5 a 5,5, el aluminio, hierro y manganeso son solubles en cantidades suficientes como para ser tóxicos para algunas plantas. El ion fosfato es muy sensible a los cambios de pH, a pH 6,5 es fácilmente asimilable por las plantas, pero a pH 8, es insoluble y se fija como fosfato cálcico. En suelos con pH menores a 5, el ion fosfato se fija en forma insoluble con aluminio, hierro y manganeso, y no es aprovechable por las plantas. Estos ejemplos ilustran en parte el efecto de la acidez sobre la disponibilidad de algunos nutrientes del suelo (Hernández, 2005).

Cairo y Fundora (2002), refieren que el pH es la expresión de las sales presentes en la solución del suelo. La mayor parte de los cultivos se desarrollan con problemas en lo que al pH del suelo respecta, en un rango que varía entre ligeramente ácido y otro ligeramente alcalino. El valor óptimo no depende solo del vegetal, sino de las características de los suelos, ya que la reacción del suelo influye sobre otras propiedades químicas, biológicas, químico-físicas y aún físicas del suelo en diferentes medidas. De modo general puede decirse que los valores extremos de pH tanto ácidos como alcalinos están asociados a problemas nutricionales. Así una reacción demasiado ácida favorece la toxicidad por aluminio o por microelementos, con más frecuencia por manganeso, así como una carencia de molibdeno. Una acidificación



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

presupone pérdidas de las bases por lo que pueden escasear.

Louman *et al.* (2001), manifiestan que los suelos de calidad de los suelos de los bosques naturales dependen del pH y la humedad. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes. El pH bajo reduce la disponibilidad de cationes como el calcio, libera cantidades tóxicas de elementos como el aluminio.

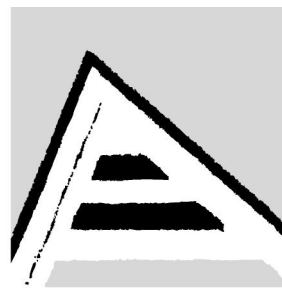
Cairo y Fundora (2002), plantean que los suelos bien aireados y absorben el agua con mucha facilidad, teniendo dos limitaciones importantes, no retienen bastante agua y tienen poca reserva de elementos nutritivos, en cambio los arcillosos tienen la capacidad de retener en su superficie elementos nutritivos en forma asimilable.

Ansorena (1994), suele darle mayor importancia a las propiedades físicas del suelo, definidas como aquellas que se pueden ver y sentir, granulometría, color, retención de agua y aireación.

Dentro de las propiedades físicas más estudiadas y en mayor orden de importancia se encuentran la densidad real, la densidad aparente, la porosidad total y la textura del suelo.

Para Cairo y Fundora (2002), la densidad real es afectada por el contenido mineralógico y la materia orgánica. En suelos bien desarrollados los pesos específicos son más altos. Esto se debe a que la acumulación de hierro y Aluminio tiene lugar por la acción intensa del clima que provoca el lavado del calcio, el magnesio, el sodio, el potasio y la sílice y en el caso de la densidad aparente se ve afectada por la textura, la estructura, la compactación, el laboreo y la materia orgánica. Los suelos de partículas más finas poseen densidades más bajas que aquellos de partículas mayores. En suelos arenosos, las partículas se encuentran unidas en estrecho contacto unas con otras, lo cual vinculado con el poco contenido de materia orgánica que ellos poseen, producen altos valores de densidad aparente en relación con los suelos arcillosos.

Las partículas mayores de 0,9mm dan lugar a poros grandes y conforman sustratos con poca retención de agua, aunque tienen buena aireación, mientras que las menores de 0,25mm tienen poros de tamaño pequeño, lo que hace que

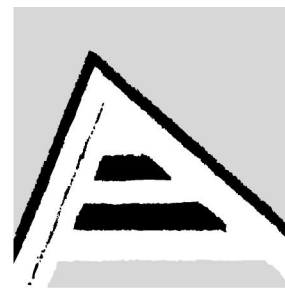


Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

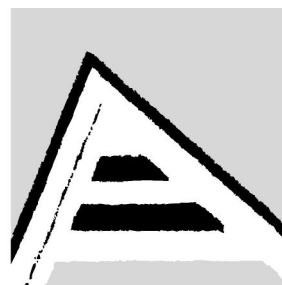
retenga una gran fracción de agua difícilmente posea una aireación deficiente (Ansorena, 1992). La porosidad total, es una medida de la capacidad de retención de agua, pero el tamaño de los poros afecta el intercambio de gases (Alvarado y Solano, 2002). Las propiedades físicas del suelo junto con las mineralógicas determinan, entre otras, la disponibilidad de nutrientes (Fundora, 2002).

La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* se ha desarrollado ampliamente en una gran diversidad de suelos, mostrando preferencias ante diferentes ecótopos. La misma ha sido ampliamente estudiada a nivel ecológico, sin embargo a nivel ecofisiológico se han tenido pocas experiencias. Es una especie pionera dentro de una sucesión ecológica, destinada a la reforestación, siendo incluso la especie que más se utiliza con estos fines en el occidente del país, lo que ha provocado que sea poblada en áreas fuera de su hábitat natural, de manera tal que ha sido llevada a otros sitios.

Según González (1974), *Pinus caribaea* var. *caribaea* es uno de los pinos cubanos de mayores perspectivas, por sus características de rápido crecimiento y gran adaptabilidad a diferentes sitios del país, en un amplio rango de ambientes, para resolver la demanda de diversos productos forestales, tales como madera para aserrío, madera para tableros, contrachapado y para abastecer a la industria nacional de pulpa y papel. Así como el valor potencial que representa en el mercado internacional las diversas pruebas de ensayos y las plantaciones que se han establecido en varios países del mundo con buenos resultados. Sus plantaciones están distribuidas en toda Cuba, desde Matanzas, Villa Clara, Camagüey hasta en el oriente del país, sin embargo algunas han tenido éxito pero otras han fracasado o por lo menos puede cuestionarse su establecimiento. También Varona (1973), citado por González (1974), habla de plantaciones fuera de su hábitat natural en Artemisa sobre suelos latosólico plástico; en Madruga sobre pardo tropical y latosol menos evolucionado; en San Pedro de Mayabón sobre Mocarrero típico; en Cascajal también Mocarrero típico; Jibacoa en Calizo pardo; Altagracia en latosólico típico; en Guisa sobre pardo tropical y Mocarrero típico y en Buey arriba sobre rojo amarillento montañoso típico.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



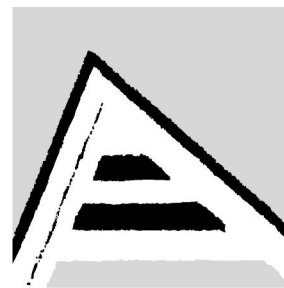
En Pinar del Río, las poblaciones naturales desplazadas de su hábitat natural y gran desarrollo la misma pertenecen a *Pinus tropica* más exigente en cuanto a condiciones e ferríticos latosoles típicos de la localidad de C Según Samek y Del Risco (1989), esta especie parte central occidental de la provincia, presente en las Alturas de Pizarras y la llanura Sur Occidental.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Rosario en forma de cayos. Estos mismos autores en uno de sus estudios sin ecológicos plantearon que Alturas de Pizarras constituye una región geomorfológicamente casi madura, debido a los ciclos erosivos que predominan, conformada por la formación San Cayetano, consistente en series de areniscas y lutitas, de suelos ferrisilíceos y que la flórmula de los pinares de esta región es florogenéticamente muy antigua.

En cuanto a los suelos lateríticos de Cajálbana agregan que están más cerca del climax que los de Alturas de Pizarras, derivándose su flórmula de los cuabales.

La parte ecológicamente más extrema de la llanura pinareña pertenece a la zona de Remates de Guane Sabanalar, constituida por arena silíceo fina, conocida como arenas blancas. Ellos alegan que los pinares de las arenas blancas están representados por fragmentos fuertemente afectados y las transformaciones actuales de Remates de Guane y Sabanalar son muy preocupantes.



3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Procedimiento para la caracterización

3.2.1.1 Datos de clima.

Se tomaron informaciones de precipitación anual en cada uno de los puntos de muestreo: La Jagua, La Güira, Viñales, Pinar del Río. Los registros brindados por el Instituto Nacional del Río.

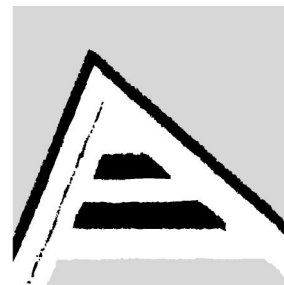
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3.2.1.2 Métodos para el cálculo de propiedades físicas y químicas del suelo.

Se realizó un análisis edáfico y tratando de representar toda el área en estudio se tomó al azar cuatro muestras de suelo por cada una de las 8 localidades, las cuales fueron analizadas efectuando una caracterización química y física del mismo. La caracterización química se efectuó en el Laboratorio de Suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, Pinar del Río, para ello se utilizaron los siguientes métodos según (MINAGRI, 1981):

1. Método del potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH).
2. Método de Oniani para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.
3. Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables (Na^+ y K^+).
4. Método de Schachtschabel por valoración con la sal EDTA en medio básico para determinar los cationes Mg^{2+} y Ca^{2+} y valor T (capacidad de intercambio catiónico).

La caracterización física del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Pinar del Río, a través de los siguientes métodos según (MINAGRI, 1981):



1. Método del picnómetro para la determir

La densidad de la fase sólida se calculó po
al., 1986):

$$D = \frac{A}{(B + A) - C}$$

donde:

A: peso de la muestra de suelo seco en g.

B: masa del picnómetro con agua en g.

C: masa del picnómetro con agua y suelo en g.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$A = \frac{a * 100}{100 + W}$$

donde:

a: muestra de suelo (g).

W: humedad higroscópica.

2. Método del cilindro para determinar densidad aparente.

La misma fue determinada a través de la fórmula descrita por (Fraguela *et al.*, 1986):

$$Da = \frac{m}{v}$$

donde:

M: masa de suelo seco en g.

V= volumen de cilindro en cm³

$$V = \pi * r^2 * h$$

donde:

$$\pi = 3.14$$

r= radio del cilindro.

h= altura del cilindro

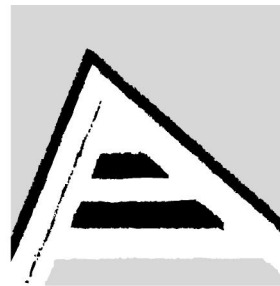
Teniendo calculada ambas densidades se procedió a calcular la porosidad total:

$$p_{Total} = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

donde:

da: densidad del suelo

dr: densidad de la fase sólida.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

3. Método de textura del suelo.

Se tomó una muestra de 100 g de suelo tamices, organizado de mayor a menor (6.3, 3, 1.5, 0.75, 0.425, 0.25, 0.15, 0.075, 0.0425, 0.025, 0.015 y 0.0075 mm), después se puso cada muestra en un sarán aproximadamente 5 minutos y se fue pesando las partículas que fueron quedando en cada tamaño de tamiz.

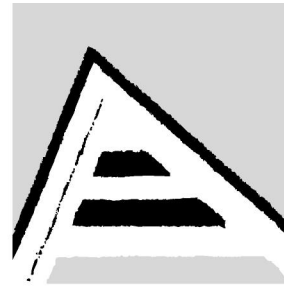
El índice de grosor, se determinó por la fórmula de Richards *et al.* (1986), citado por Ansorena (1994), como se expresa a continuación:

$$lg = \frac{\sum particula < 1mm * 100}{Muestra}$$

Un vez determinada las propiedades físicas y químicas del suelo, fueron evaluadas con la ayuda del manual de interpretación de índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos (MINAGRI, 1984).

3.2.1.3 Clasificación genética de los suelos.

Se conformó la clasificación genética del suelo, a través del mapa de suelos (1983), Hoja cartográfica 3484-II, a escala 1: 25 000, utilizando la última clasificación genética de los suelos de Cuba, (Hernández *et al.*, 2002), Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, donde se correlacionó la clasificación anterior con la actual. A continuación se muestra la clasificación de cada suelo por las localidades de estudio:



$$\text{La Jagua} = XXVIIv10_1 \frac{P^4 h^4 e^2}{hw_2} 20t_7 m4$$

Tipo: Esquelético.

Subtipo: Antrópico.

Género: Esquistos o pizarras.

Saturación: Fuertemente desaturado.

Especie: Poco profundo.

Humificación: Poco humificado.

Erosión: Fuerte.

Variedad: Loam arenoso.

Contenido de piedras: Muy pedregoso.

Profundidad efectiva: Muy poco profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$\text{Galalón} = VIA17 \frac{P^1 h^3 e^4}{fx_5} 100t_3 m4$$

Tipo: Ferralítico Amarillento.

Subtipo: Cuarcítico.

Género: Materiales transportados y corteza de meteorización ferralitizada o caolinizadas.

Saturación: Fuertemente desaturado.

Especie: Muy profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Erosión: Poca.

Variedad: Loam arcilloso.

Contenido de gravas: Muy poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

$$Cajálbana = IA1_2 \frac{P^1 h^3}{c} 97 t_4 m_3$$

Tipo: Ferrítico rojo oscuro

Subtipo: Típico.

Género: Roca ultrabásica.

Saturación: Medianamente desaturado.

Especie: Muy profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Profundo.

Pendiente: ligeramente ondulado.

Altitud: Medianamente montañoso.

$$Marbajita = VIIA3_3 \frac{P^3 h^3 e^4}{c} 50 t_7 m4$$

Tipo: Fersialítico Pardo Rojizo.

Subtipo: Lixiviado.

Género: Roca ígnea intermedia.

Saturación: Saturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

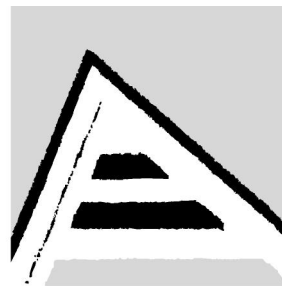
Erosión: Poca.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$\text{La Guira} = XA7_5 \frac{P^2 h^2 e^4 l^3}{c} 62ts$$

Tipo: Pardo sialítico.

Subtipo: Carbonatado.

Género: Caliza suave

Saturación: Carbonato lavado.

Especie: Profundo.

Humificación: Humificado.

Erosión: Poca.

Grado de lavado: Poco lavado.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Medianamente profundo.

Pendiente: Ondulado.

$$\text{Viñales} = IIIA9_2 \frac{P^3 h^3 e^4}{x_4} 50t_7 m_4$$

Tipo: Ferralítico Rojo Lixiviado.

Subtipo: Típico.

Género: Esquistos o pizarras normales.

Saturación: Medianamente desaturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Erosión: Poca.

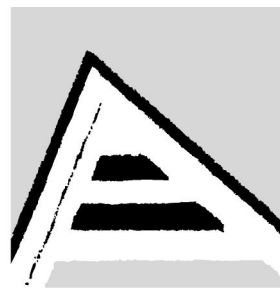
Variedad: Loam arenoso.

Contenido de gravas: Poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

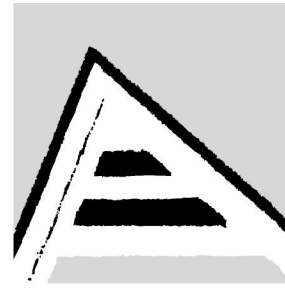
Pendiente: Alomado.

Altitud: Poco montañoso.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$\text{Pinar del Río} = VIII A18_3 \frac{P^2 h^4}{cx_4} 80t_5$$



Tipo: Fersialítico pardo rojizo.

Subtipo: Típico.

Género: Materiales transportados carbonat:

Saturación: Saturado.

Especie: Profundo.

Humificación: Poco profundo.

Variedad: Arcilla.

Contenido de gravas: Poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Medianamente profundo.

Pendiente: Ondulado.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$\text{Sabanalamar} = XXVII A17_3 \frac{P^3 h^4}{Jw_2 z_3} 50t_3$$

Tipo: Arenosol.

Subtipo: Típico.

Género: Materiales transportados y corteza de meteorización ferralitizada o caolinizadas.

Saturación: Saturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Poco humificado.

Variedad: Arena.

Contenido de piedras: Muy pedregoso.

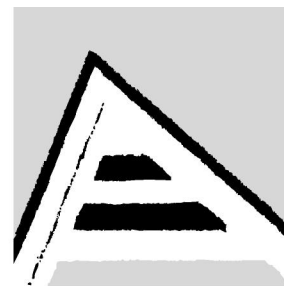
Contenido de rocas: Rocoso.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

Pendiente: Casi llano.

3.2.2 Medidas de intercambio gaseoso en

Para realizar el estudio de autoecología de de campo el 14 de Junio del año 2004, co Viñales, ubicada al norte de la provincia d construir curvas de CO_2 . Para ello se hicie Concentración intracelular, expresadas en PPM respectivamente, utilizando el irgaporo



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Figura 11. Irgaporometro. Sistema abierto para medir fotosíntesis y transpiración, LI-6400.

Se realizó otra campaña de campo los días 22 y 23 de Enero del año 2006, en una parcela experimental ubicada en el Jardín Botánico perteneciente a la provincia de Pinar del Río. En el primer día se realizaron medidas puntuales de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), y Fotosíntesis, expresados en $\mu \text{E cm}^2 \cdot \text{seg.}$ y $\mu \text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg.}$ respectivamente, con el objetivo de construir curvas de saturación de luz, y al día siguiente, se hizo un seguimiento de la Fotosíntesis ($\mu \text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg.}$) y la Transpiración ($\text{mmol de H}_2\text{O} \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg.}$) a lo largo del día, estimando valores cada dos horas, a las 8:00, 10:00, 12: 00, 2:00 y 4:00 horas solares. También se tuvo en cuenta los valores registrados de Conductancia estomática ($\text{mmol de H}_2\text{O} \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg.}$).

Las curvas de CO_2 y luz se construyeron con la ayuda del software Curve Expert versión 3.0, el cual ofrece la ventaja de darle entrada a toda la familia de modelos matemáticos y aportar el de mayor ajuste a la ecuación. La figura 12, muestra la ventana de entrada de datos.



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

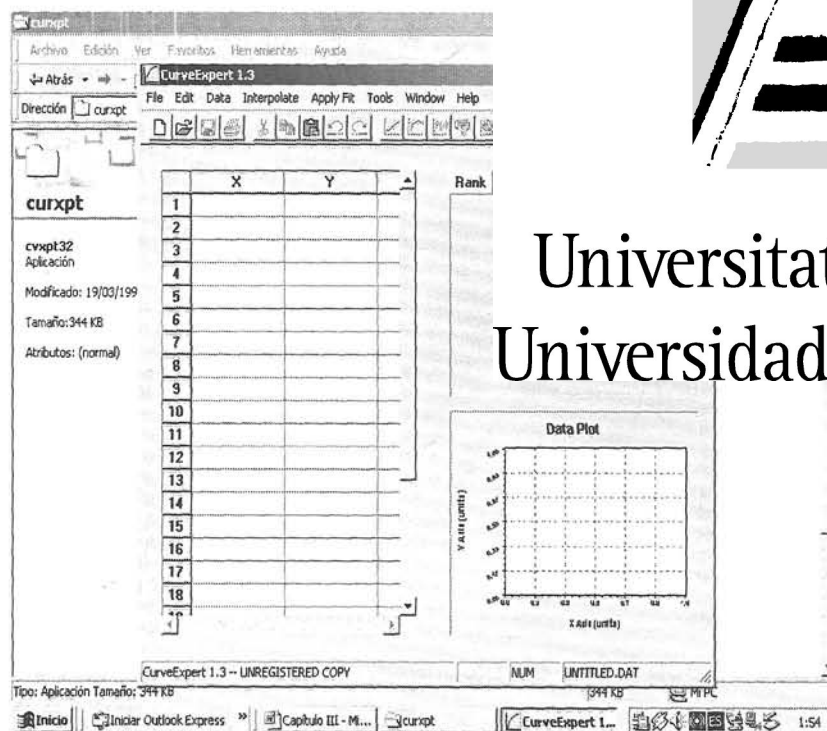
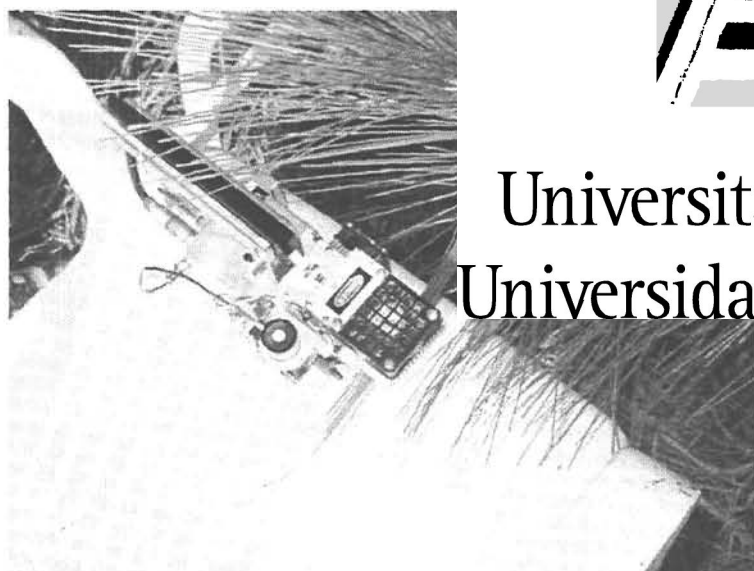


Figura 12. Ventana de entrada de datos del software Curve Expert para ajuste de modelos matemáticos.

Para realizar las mediciones se procedió de la siguiente manera: se seleccionaron en cada parcela 3 árboles, teniendo en cuenta su estado sanitario, fenotipo, incidencia de la luz y cercanía entre ellos; se tomó una muestra de hojas de cada individuo, se adjuntaron con una cinta adhesiva, se identificaron con una etiqueta y posteriormente fueron puestas en una pinza, la cual está unida a la unidad central del sistema por un cable, este además de de la cámara de medida con termopares y sensores de radiación interno y externo, sistemas de calefacción y refrigeración, incorpora los sensores IRGA, que son los responsables de medir las concentraciones de vapor de agua y dióxido de carbono.

La cámara estándar permite medir un rectángulo (Figura 13).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 13. Pinza, que muestra el rectángulo de hojas que se prensa para las medidas de Fotosíntesis y Transpiración.

En cada una de las muestras se contó el número de hojas, y se midió el ancho medio o espesor por muestras, haciendo lecturas con el micrómetro ocular (Figura 14). Con esta información se determinó la superficie de la anchura, a través de la siguiente expresión:

$$S_1 = 3cm * anchura * No.hojas$$

S_1 : Primera superficie

3 cm: Indica el ancho de la placa

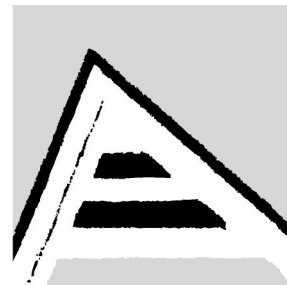
anchura: ancho de la hoja

$$S_2 = 3cm * \pi * \frac{anchura}{2}$$

S_2 : Segunda superficie

y finalmente se obtuvo una superficie más real:

$$S_{real} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

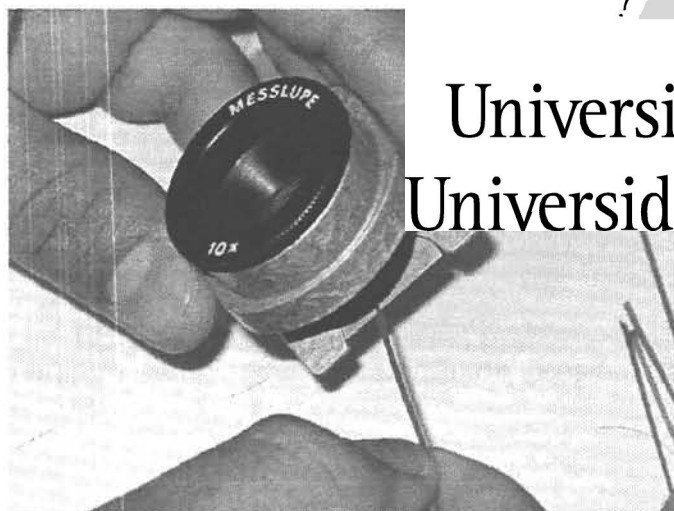
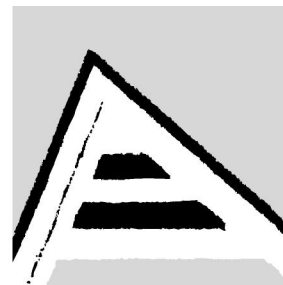
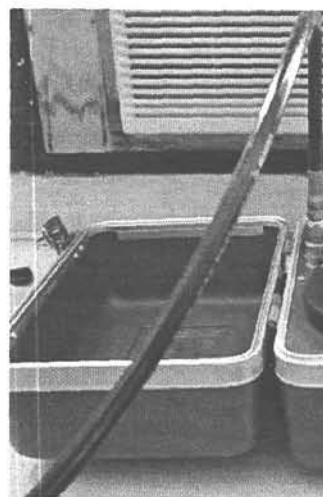


Figura 14. Micrómetro ocular para medidas de espesor.

3.2.3 Medidas de Potencial hídrico.

El Potencial hídrico se determinó con la Cámara de Scholander o cámara de presión (Figura 15), en horas de la madrugada y al mediodía, en cada una de las 8 localidades de estudio (Cajálbana, Marbajita, La Güira, Galalón, La Jagua, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar), adaptando la metodología descrita por Oliet (2001). Para ello se tomó una muestra de 7 plantas al azar por cada población, las cuales fueron cortadas con una tijera durante la madrugada, luego se colocó el material vegetal en el interior del cilindro de la cámara y se les aplicó una presión, la cual hizo que saliera una pequeña gota de agua en la superficie del tallo, marcando así el manómetro de la cámara el Potencial hídrico de madrugada (de base o al alba) y de igual forma se procedió para determinar el Potencial hídrico del mediodía.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 15. Cámara de Scholander o cámara de presión para medidas de Potencial hídrico en las plantas.

3.2.4 Medidas de Transpiración cuticular.

La transpiración cuticular se determinó de la siguiente manera: se tomaron 7 muestras al azar de cada población, las cuales fueron saturadas la noche anterior y trasladadas al laboratorio, conservándolas en una nevera durante todo el viaje, a la mañana siguiente se pesaron en una balanza técnica digital SartoriusBL 1500, con un error de 0.1 g. Después de haberse pesado cada muestra, fueron colocadas en bolsas de polietileno y puestas en la oscuridad y se hicieron pesadas cada una hora, durante 8 horas hasta lograr el peso constante de las mismas. Al día siguiente fueron puestas en la estufa a una temperatura de 100^o C durante 4 horas aproximadamente hasta lograr que perdieran toda el agua y se tomó el peso seco de las mismas. Finalmente se calculó la transpiración cuticular, por la metodología de Olie (2001), como se expresa a continuación:

$$T_c = \frac{P_i - P_f}{P_s}$$

donde:

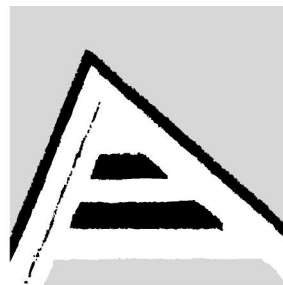
Tc = transpiración cuticular,

Pi = peso inicial (g)

Pf = peso final (g)

Ps = peso seco (g)

Con los valores de pesadas se realizaron χ^2 y t de Student con la ayuda del procesador electrónico Excel.



3.2.5 Procesamiento estadístico.

Para el procesamiento estadístico en todo el estudio se utilizó el programa automatizado SPSS para Windows versión 11.0.

Con los datos de precipitaciones media anual y altitud de cada una de las localidades de estudio se realizó un análisis de correlación, utilizando la correlación de Pearson.

Los resultados obtenidos en la caracterización química-física del suelo, fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

De igual forma las medidas de Potencial hídrico y Transpiración cuticular fueron procesadas mediante un análisis de varianza simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

También se hicieron correlaciones entre los valores de potencial hídrico al alba con el índice de grosor y potenciales hídricos con la transpiración cuticular.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

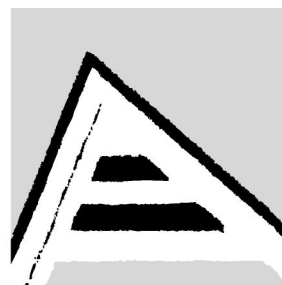
3.3 Resultados y discusión.

3.3.1 Caracterización edafoclimática de

Pinus caribaea var. *caribaea*.

3.3.1.1 Caracterización climática.

La siguiente tabla ofrece la caracterización de las localidades de estudio.



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

Tabla 13. Información climática de las localidades de estudio.

Localidades	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitaciones media anual (mm)
Cajálbana	464	22.4	1 800
Marbajita	150	22.3	1 800
La Jagua	110	24.7	1 600
Galalón	150	24.3	1 800
Viñales	200	24.7	1 600
Sabanalamar	38	24.0	1 200 – 1 300
Pinar del Río	196	24.2	1 600
La Güira	110	24.3	1 600 – 1 700

La Figura 16, muestra una correlación débil entre las variables altitud y precipitaciones ($R=0.29$), aunque se observa de forma general que a medida que aumenta la altitud aumenta el número de precipitaciones.

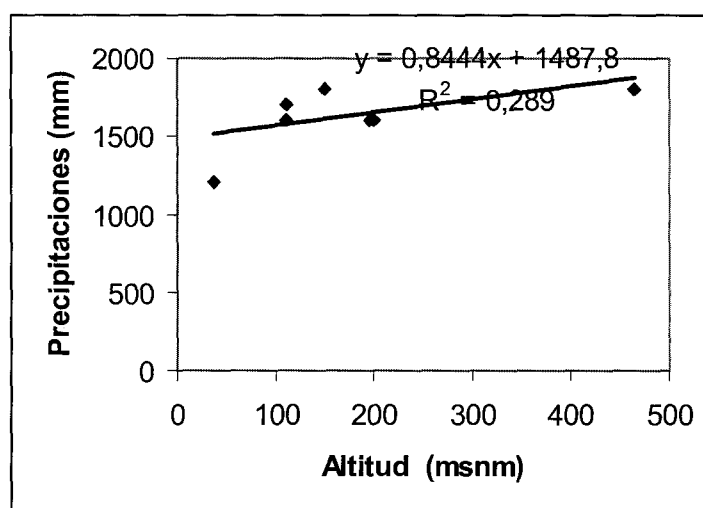
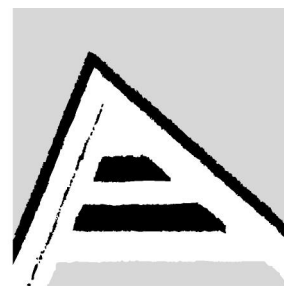


Figura 16. Correlación entre precipitación media anual (mm) y altitud (msnm).



3.3.1.2 Caracterización física y química del

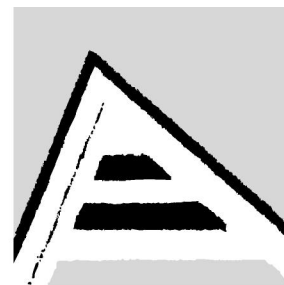
La Tabla 14, indica los valores medios o estadísticos de la caracterización química de las localidades de estudio. En la misma, se señalan las diferencias significativas entre cada una de las propiedades y es una característica de la amplitud ecológica de *caribaea* en su ambiente natural, aunque *caribaea* desarrolla con mejores resultados en edafos ácidos, obteniendo incluso mayores incrementos, demostrado por (Samek y Del Risco, 1989 y Álvarez, 1987), señalando preferencias de pH para el endémico entre 5 y 5.5, típicos de la localidad de Cajalbana, donde predominan suelos ferríticos latosoles.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Tabla 14. Valores medios de la caracterización química del suelo por localidades.

Localidad	pH KCl	Mg/100 de suelo								
		Mg/100 gs. de								
		suelo								
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	T-S
Viñales	3.8 ^a	3.48h	7.0h	1.15b	0.38cd	0.12b	0.19d	1.84c	8.79f	6.95g
Galalón	3.8 ^a	1.47b	6.0c	2.15f	0.38cd	0.06a	0.17d	2.76e	9.58g	6.82f
P. del Río	3.9ab	2.41d	11.67g	5.45g	0.64e	0.39d	0.30e	6.78f	13.91h	7.13h
La Jagua	3.9ab	3.08e	10.83f	1.57d	0.75f	0.12b	0.19d	2.63e	8.39d	5.76d
La Güira	4.0c	3.35g	8.0e	1.15b	0.35c	0.12b	0.17d	1.79b	6.01c	4.22c
Cajalbana	5.0d	1.21a	7.0d	1.44c	0.44d	0.21c	0.14c	2.23d	5.39b	3.16b
Marbajita	5.6e	2.01c	3.75 ^a	1.76e	0.20b	0.15b	0.12b	2.23d	2.89a	0.66a
Sabanalam	6.5f	3.27f	5.45b	1.02a	0.18a	0.7e	0.09a	1.07a	5.39b	6.21e
Std Desv.	0.98	0.85	2.5	1.39	0.19	0.20	6.07 x10 ⁻²	1.68	3.12	2.17
Std Error	0.17	0.15	0.45	0.24	3.37x10 ⁻²	3.62 x10 ⁻²	1.07 x10 ⁻²	0.30	0.55	0.38

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una P< 0.05.



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

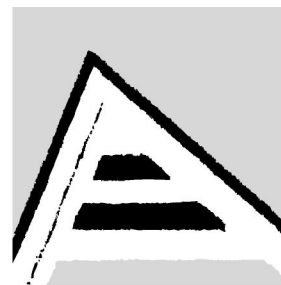
Estos resultados muestran que son suelos ligeramente ácidos y neutros, siendo los significación a (Viñales y Galalón) con un pH los de la localidad Sabanalar; presentan potasio y bases intercambiables, con excepción de Sabanalar fue alto, lo cual puede estar p zona al mar. Estos resultados coinciden con ,1998 y Mayedo, 2006).

León (2002), en una investigación sobre la economía hídrica de la vegetación de Sabanalar San Ubaldo obtuvo resultados similares en esta zona.

García *et al.* (2006), por su parte, manifestaron que los suelos de Viñales son pobres, deficientes en bases intercambiables, y que se ajustan más a los requerimientos de *Pinus tropicalis* que a los de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Se puede decir que los suelos que presentan pH muy ácidos, por debajo de los límites de la especie, y carecen de macronutrientes se pueden manifestar como una barrera ecológica, ocasionando consecuencias indeseables para el desarrollo de la especie y todas las propiedades químicas analizadas en el ensayo, en la mayoría de los casos, se encuentran muy cerca o por debajo de los valores mínimos reportados por (MINAGRI, 1984).

Cairo y Fundora (2002), reportan que la T está dada por la suma de cationes cambiables existentes en el complejo absorbente del suelo y a medida que el suelo se acidifica pierde bases y gana en H^+ y Al^+ , por lo que no es conveniente que el porcentaje de saturación de bases sea bajo.



En la Tabla 15, se muestran las diferencias física del suelo, obteniendo diferentes niveles

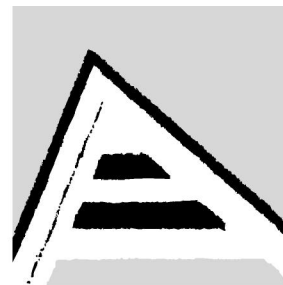
Tabla 15. Valores medios de la caracterización

Localidades	d= g/cm ³		hy (%)		
	da	dr			
La Jagua	1,18f	2.28b	0.50		
La Guira	1,25g	2.33c	0.32		
Marbajita	1,11d	2.45d	3.99h	54.69d	50.15b
Galalón	0,98b	2.26b	2.66g	56.64f	69.22c
Viñales	1,05c	2.31c	1.32d	55.0e	74.26d
P. Río	0,86a	2.28b	1.95e	62.28g	68.07c
Cajálbana	1.15e	3.63e	1.98f	68.0h	41.97a
Sabanalamar	1.54h	2.11a	0.31a	27.01a	88.72f
Std. Desv.	1.19	0.45	1.22	11.5	14.04
Std. Error	3.41 x10 ⁻²	8.12 x10 ⁻²	0.21	2.04	2.5

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $P < 0.05$.

La densidad aparente, según se muestra en la tabla anterior, varía desde muy baja, baja, mediana hasta alta, mostrando los suelos arcillosos valores más bajos y los arenosos más altos, como es el caso de la localidad de Sabanalamar, coincidiendo con (Cairo y Fundora, 2002), donde refieren que los suelos de partículas más finas poseen densidades aparentes más bajas que aquellos de partículas mayores. La densidad real, varía en este mismo orden hasta muy alto, perteneciendo la población de Cajálbana a esta última categoría, debido a la composición mineralógica de este suelo, con altos contenidos de hierro y aluminio.

El índice de grosor (Ig), es un indicador importante para determinar la influencia del tamaño de las partículas en las propiedades físicas de los suelos. En la Tabla 15, se aprecia que los mayores porcentajes están representados en los grupos de significación d, e y f, perteneciendo estos a las localidades donde los suelos se clasifican de tipo arenoso (Sabanalamar) o de variedad arenoso (La Jagua y Viñales).



Ansorena (1994), reporta índices de grosor ϵ de pino con arena y lignito y con turba de obtenidos en la población de Sabanalamar (s En la Figura 17, se observa una correlación l grosor y la porosidad total ($R=0.61$), notándi lg disminuye la porosidad, esto se debe, a macroporosidad y lo que determina la microporosidad.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Ansorena (1994), reporta valores de porosidad en un amplio intervalo, desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95%.

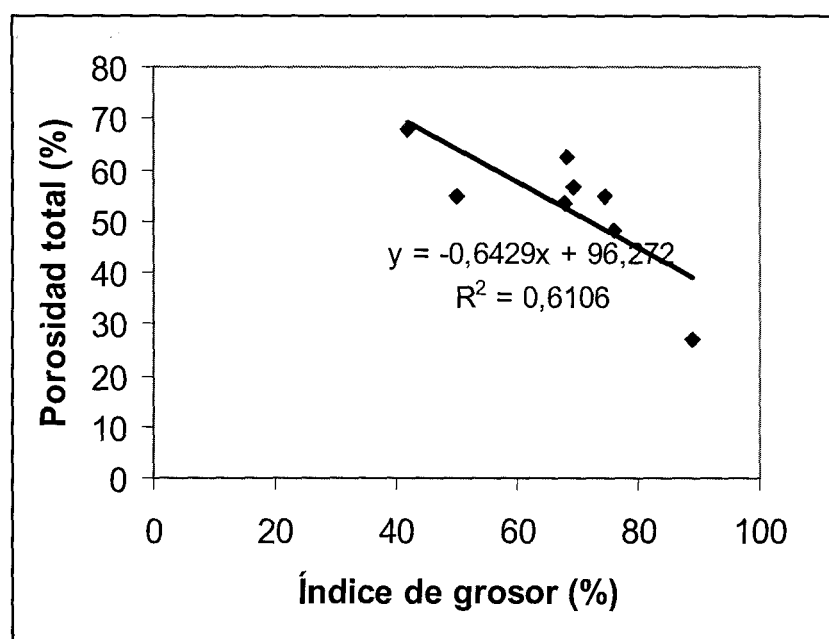


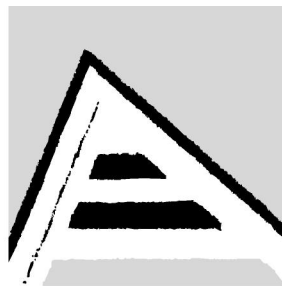
Figura 17. Correlación entre el Ig y la porosidad total (%).

3.3.2 Medidas de intercambio gaseoso en la especie.

3.3.2.1 Curvas de CO₂. Estudio de caso, ambiente de Viñales.

Las Figuras 18, 19, 20 (Anexo 3), reflejan el comportamiento de las curvas de CO₂ en *Pinus caribaea* var. *caribaea* (Pc), para cada uno de los tres individuos muestreados, y la Figura 21, una curva integrada de mayor ajuste, obteniendo una ecuación cuadrática, sin embargo, a nivel de individuos se presentan ajustes de modelos matemáticos diferentes. En todos los casos se aprecia que a medida que aumentan los valores de concentración intracelular de CO₂ la

fotosíntesis se hace mayor y mientras menor de la planta, menos fotosintetiza, reportándose especies superiores a los $10 \mu\text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2$



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

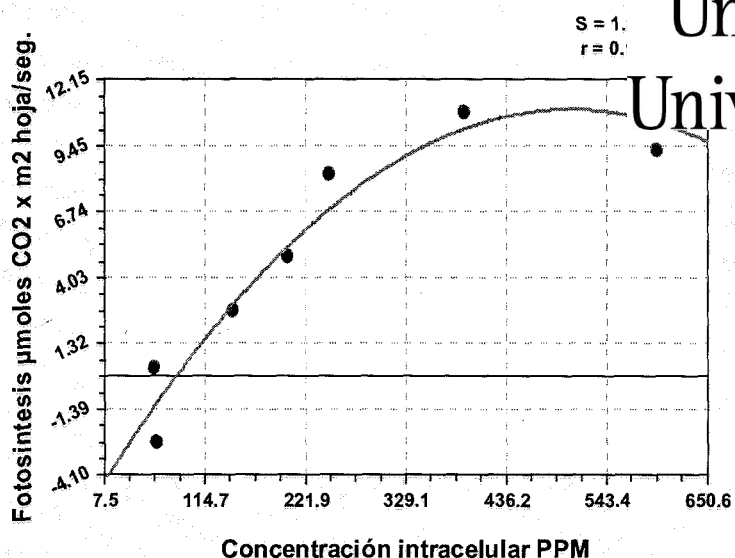
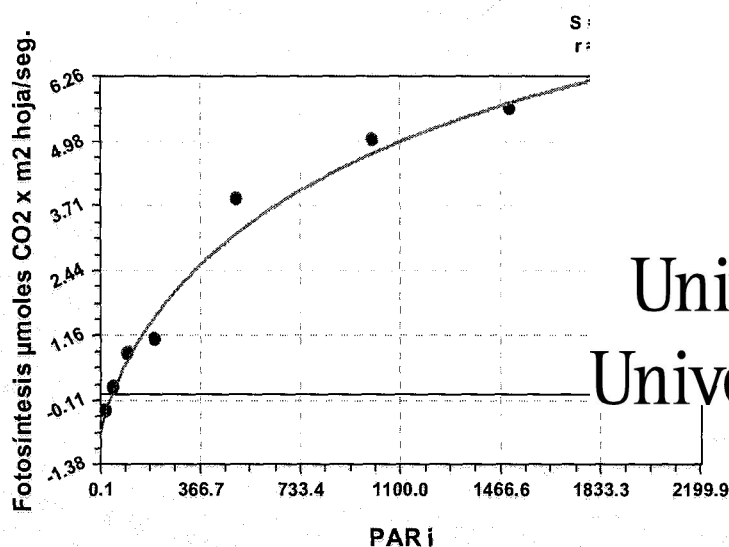
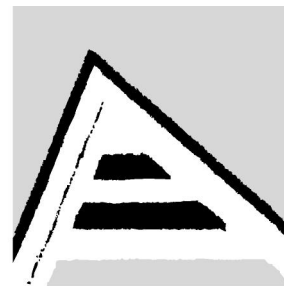


Figura 21. Curva integrada de CO_2 de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.2 Curvas de luz. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.

En las figuras 22, 23 y 24 (Anexo 3), se refleja el ajuste de las curvas de saturación de luz por individuos y en la Figuras 25, la integral para cada especie. En las mismas, es notable la presencia de un modelo de ajuste diferente para cada especie, también se observa claramente que a medida que aumentan los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR), aumenta la fotosíntesis, hasta alcanzar tasas de 5.46 y $8.82 \mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja/seg.}$, siendo mayores en *Pinus tropicales*.

Oliet (2001), por su parte, reporta tasas de fotosíntesis en *Olea europea* de hasta $10 \mu\text{moles CO}_2/\text{m}^2/\text{hoja/seg.}$



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 25. Curva integrada de saturación de luz de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.3 Curvas de fotosíntesis y transpiración de evolución en el tiempo. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.

En la Figura 26, se muestra el comportamiento medio de la evolución de la fotosíntesis, apreciando fluctuaciones diarias. Las mayores tasas de fotosíntesis en las horas solares de la mañana se obtuvieron a las 10:00 AM, y precisamente a esta hora las plantas tienen abierto sus estomas; a partir de este punto disminuye la fotosíntesis, hasta las 2: 00 PM que este valor supera al de las 10.00 AM con valores de 6.03 $\mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ y una diferencia notable de 4.26 $\mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg}$ entre los valores mayores y menores de fotosíntesis en la especie, también se obtienen errores estándares superiores en este punto de evolución diaria (2:00 PM). Este comportamiento desde las 10: 00 AM hasta las 2: 00 PM, pudiera deberse a factores como la exposición del sol, las condiciones del ambiente y la arquitectura de las plantas, pues el movimiento del sol al parecer en estas horas del día permite que en determinados momentos la arquitectura de la planta provoque cierto sombreado y disminuya la intensidad luminosa hacia el interior del rodal. En este sentido Forset y Norman (1991), plantean que la probabilidad del paso del rayo solar a través de los elementos del dosel sin ser interceptados es una función del ángulo entre las hojas y la luz solar directa y el grado de dispersión del follaje, agrega que los efectos de sombra y el diámetro



del disco foliar pueden provocar agrupación por intervalos de baja iluminación.

También, Orellana y Escanilla (1991), para la radiación fotosintéticamente activa complican la absorción foliar íntimamente relacionado con la

Por otra parte, es válido aclarar que a

negativos, lo que quiere decir que a estas horas

de las plantas son mayores que la asimilación

en la fotosíntesis por la incidencia de la luz que favorece el cierre de los estomas.

Saquete y Lledó (2005), obtuvieron tasas de fotosíntesis de evolución en el tiempo, superiores en *Pinus halapensis*, del orden de $9 \mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ en suelos de turba y $9.8 \mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ en lodo.

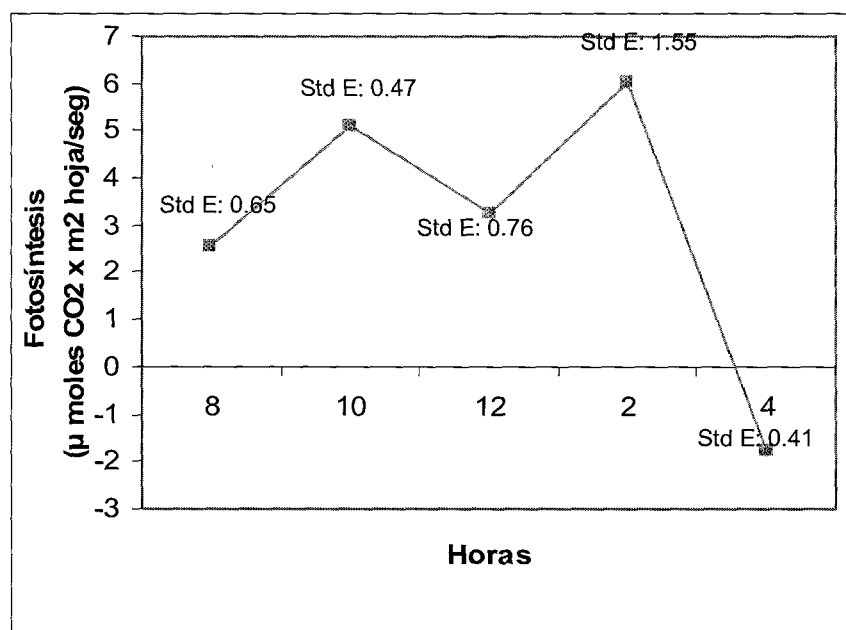
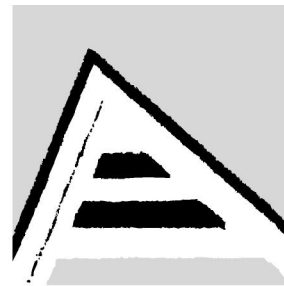


Figura 26. Comportamiento medio de evolución diaria de la fotosíntesis en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La transpiración se define como la pérdida de agua, mediante la evaporación, a través de los estomas y la cutícula de la hoja (Parra *et al.*, 2001).

Las tasas de transpiración de evolución diaria, se muestran en la figura 27. En la misma se observa un comportamiento creciente desde las primeras horas



solares hasta decrecer en el último punto (4 las plantas dejan de asimilar CO_2 y manifiesta corroborando lo planteado por (Domínguez e León (2002), en un estudio similar en la zona de transpiración de evolución diaria para *Pinus caribaea*, del orden de 6.44, 5.91, 9.07 y 9.07 $\text{H}_2\text{O} \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ para la primera especie y 6.44 $\text{H}_2\text{O} \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ para la segunda.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

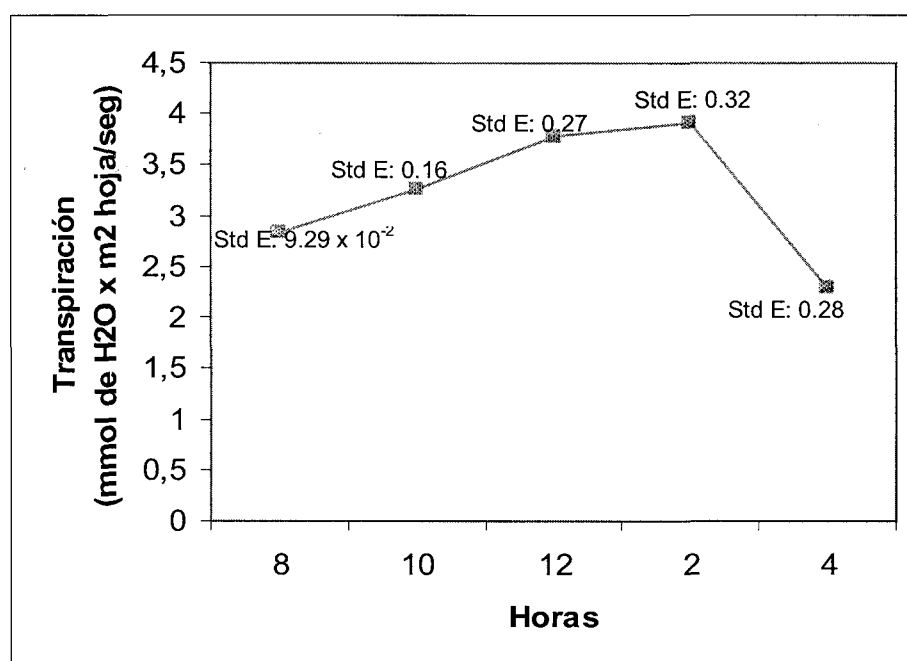
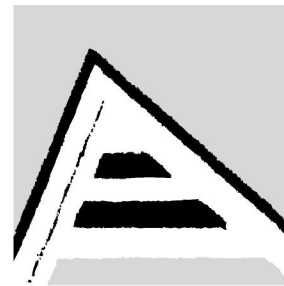
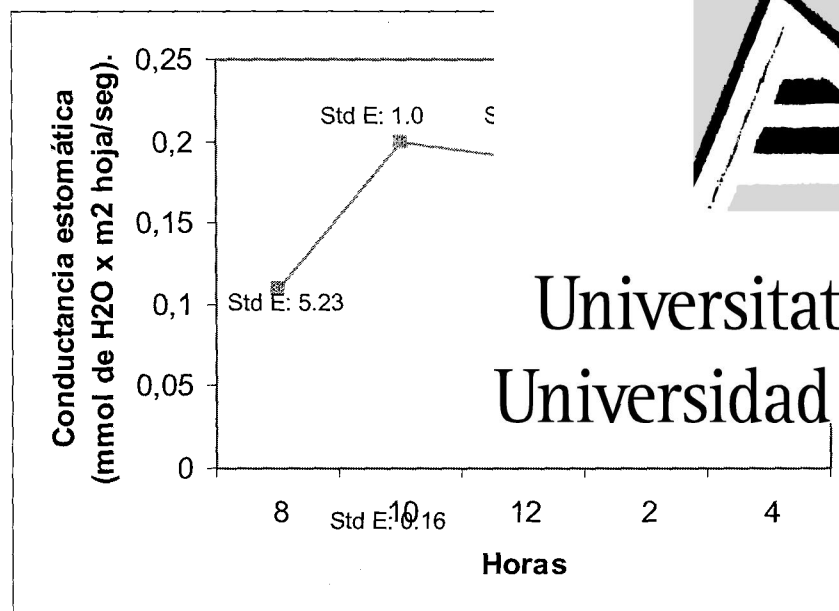


Figura 27. Comportamiento medio de evolución diaria de la transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.3.1 Conductancia estomática.

La conductancia estomática, como variable dependiente, inversa a la resistencia estomática, es una medida de gran importancia desde el punto de vista ecofisiológico, pues determina el momento en que se facilita el paso de CO_2 para el proceso de fotosíntesis en las plantas. La Figura 28, refleja las medidas de conductancia estomática a través del tiempo para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

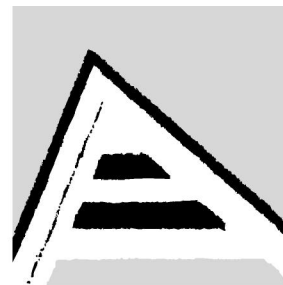


Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 28. Comportamiento medio de evolución diaria de la transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Según Johnsen y Major (2004), la velocidad de transpiración depende tanto de la sequedad del aire (déficit de presión de vapor) como de la apertura de los estomas, la cual se estima por la medida de conductancia.

En el desarrollo de las mediciones en el tiempo, se destacan ligeras variaciones en lo que respecta a la conductancia estomática, presentando valores superiores a las 10:00 AM y más bajos a las 4: 00 AM, producto del mejor control estomático expresado a esta hora del día coincidiendo con (Saquete y Lledó, 2005).



3.3.3 Superficie de anchura.

La Tabla 16, muestra los valores de la superficie de anchura en la muestra var. *caribaea*.

Tabla 16. Superficie de anchura en *Pinus*

Muestras	No. Hojas	Ancho medio(cm)			
Pca1luz	70	0.1			
Pca2luz	40	0.11	13.2	0.57	6.89
Pca3luz	40	0.11	13.2	0.57	6.89
Pc1	21	0.11	6.68	0.5	3.59
Pc2	21	0.1	6.3	0.47	3.39
Pc3	21	0.1	6.36	0.48	3.42

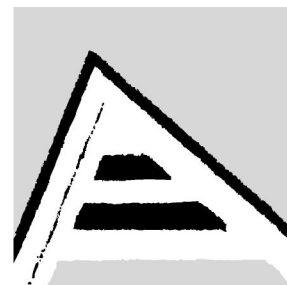
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La superficie real representada en la Tabla 16, refleja valores superiores en la muestra Pca1luz, debido a que en la misma el número de hojas es mayor, pero si se analizan las restantes muestras teniendo en cuenta el mismo número de hojas se aprecia que las diferencias de superficie real no son muy notables.

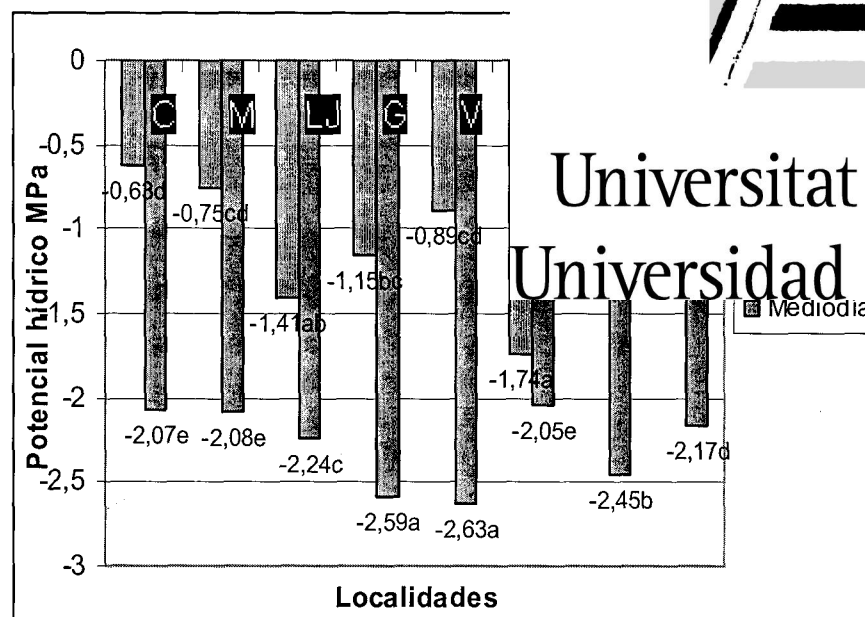
3.3.4 Potencial hídrico.

La cantidad de agua en la planta suele evaluarse por medio del potencial hídrico, el cual es un indicador del estado hídrico. El mismo varía con las condiciones ambientales y con la época estacional del año (Oliet, 2001). En la Figura 29, se muestran diferencias significativas entre las medidas de potenciales hídricos al alba y al mediodía para cada una de las localidades, obsérvese que alcanza los máximos valores al alba y los mínimos (más negativos) al mediodía, esto se debe a que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en la planta, lo cual indica las pérdidas por transpiración y provoca el descenso del potencial, coincidiendo con lo planteado por (Oliet, 2001), donde manifiesta que la mayor parte de los procesos fisiológicos que va a realizar la planta están relacionados con el estado hídrico de la misma al alba, además esta medida, estima muy bien la humedad en términos de potencial o energía, ya que de madrugada y después de muchas horas con los

estomas cerrados las plantas se convierten en consumidores de agua del potencial hídrico del suelo.



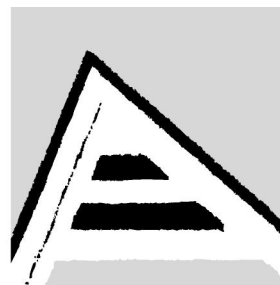
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$
Alba: Desv Std. 0.48 y Error Std.. 6.47×10^{-2} y Mediodía: Desv Std. 2.23 y Error Std. 3.07×10^{-2}

Figura 29. Medias de Potencial hídrico al alba y al mediodía (MPa).

En la Figura 29, se observa que la localidad de Sabanalamar es la que presenta menos diferencia entre los potenciales hídricos de la madrugada y el mediodía ($-0,31\text{MPa}$), esto puede deberse, entre otras causas, a las características edáficas, pues se trata de un suelo arenoso, el cual retiene menos el contenido de agua pues se pierde por gravedad, y fundamentalmente al ambiente y a las características morfológicas, pues en esta zona se pierde poca agua al mediodía y además las plantas crean mecanismos ecofisiológicos, sufriendo diferentes modificaciones fisiológicas y morfológicas para poderse adaptar a ese medio, aún así los valores de potencial hídrico indican estrés hídrico en la planta, pues se encuentran por debajo de 0.4 MPa , considerando los criterios aportados por (Escarré *et al.*, 1997), donde valores menores de 0.4 MPa entre una y otra medida indican que existe una situación de estrés hídrico en la planta.



Estos resultados, se relacionan con el índice de zona, representado en la Tabla 15 y respecto se puede decir que en las localidades de Sabanalamar, La Jagua, Viñales y Galalcá, valores de potenciales más negativos, indican de recursos hídricos que los menos negativos, las localidades donde la especie arcillosos (Cajálbana y Marbajita), las cuales muy similar en las medidas del alba y al mediodía, coincidiendo con lo expresado por (León, 2002).

Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

También, León (2002), obtuvo valores de potencial hídrico en esta especie, que fluctúan entre -0.47/-0.96 al alba y -1.3/-1.45 MPa al mediodía, en suelos arenosos, al final de la época de lluvias y con antecedentes de fuertes precipitaciones.

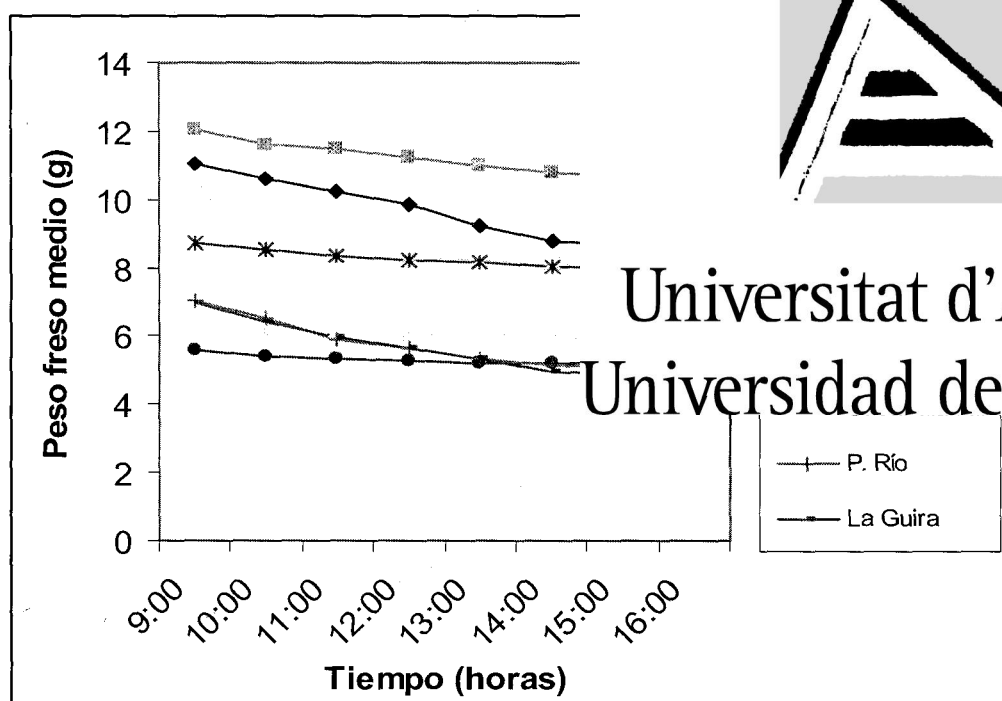
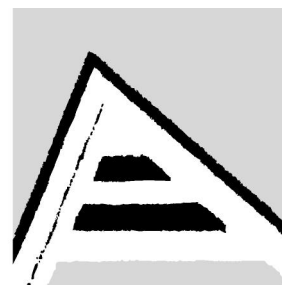
Parra *et al.* (2001), reportan Potenciales hídricos entre -0.5 y -2.5 MPa, en hojas de manzano. Este mismo autor, agrega que el Potencial hídrico está en función del contenido de humedad en el suelo.

Oliet (2001), por su parte, informa valores de Potencial hídrico en la madrugada a lo largo de un ciclo de sequía de brinzales en *Pinus halapensis*, del orden de -0.3 hasta -2.5 MPa.

3.3.5 Transpiración cuticular.

3.3.5.1 Curvas de pérdidas de peso.

En la figura 30, se muestran las curvas de pérdidas de peso para cada una de las localidades. En la misma se puede apreciar que en las zonas de Sabanalamar, donde predominan suelos arenosos, y Viñales y La Jagua (suelos loam-arenoso), la curva de pérdida de peso presenta muy pocas variaciones, manteniéndose casi constante, en cambio, en los lugares donde abundan suelos arcillosos, las variaciones en la curva son mayores, lo cual se debe a que en los lugares donde carece de agua el suelo (suelo arenoso) las especies desarrollan cutículas gruesas para retener el agua, en cambio en los suelos arcillosos, hay agua y al no carecer del recurso las cutículas son más finas, pierden más agua y por tanto la variación en la curva es mayor.



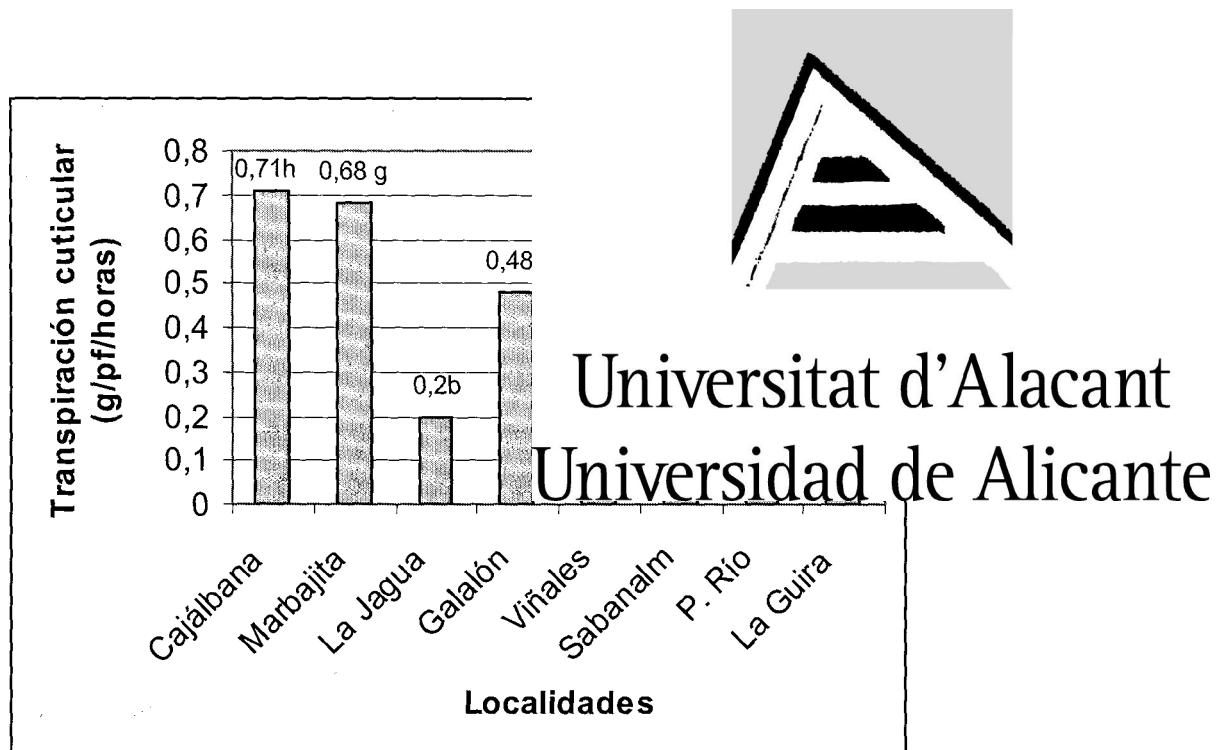
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 30. Curva de pérdida de peso por localidades.

3.3.5.2 Transpiración cuticular.

La transpiración cuticular o residual es la que se produce a través de las paredes celulares exteriores una vez que los estomas se han cerrado.

La Figura 31, muestra los resultados en el atributo fisiológico transpiración cuticular, evidenciando diferencias altamente significativas entre las localidades de Cajálbana y Marbajita, obteniendo la más alta tasa de transpiración cuticular, debido a lo planteado anteriormente, pues estos ambientes, por las características edáficas, y las adaptaciones de esos árboles a tener siempre el recurso disponible, presentan mayor retención de agua y hacen que la planta transpire más. Los menores valores pertenecen a la localidad de Sabanalamar, le sigue en orden descendente La Jagua y después Viñales, cada una en niveles de significación diferentes, siendo estas zonas las de menor capacidad de retención hídrica, por lo que se puede decir que uno de los factores que afecta la transpiración es el contenido de agua en el suelo asociado a características morfológicas que desarrollan las mismas.



En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$. Desv Std. 0.21 y Error Std.. 2.83×10^{-2} .

Figura 31. Medias de Transpiración cuticular por localidades (g/pf/horas).

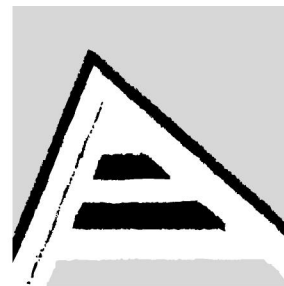
Villar *et al.*, (1997), encontraron diferencias significativas en la transpiración cuticular en plantas de *Pinus halapensis* y *Quercus ilex*, reportando tasas de transpiración, bajo esas condiciones, para la primera especie desde 0.8 hasta 1.1 mmol g^{-1} y en la segunda especie desde 0.07 hasta 0.1 mmol g^{-1} .

También Parra *et al.* (2001), reportan tasas de transpiración en hojas de manzano de 6 -18 $\mu\text{gcm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Villar *et al.*, (1998), refieren que las plantas de ambientes xéricos tienden a presentar tasas de transpiración cuticular inferiores a las de ambientes más mésicos.

Investigaciones realizadas por Abot y Sandi (1983), en *Pinus caribaea* a raíz desnuda, demostraron que aunque la apertura estomática depende de las circunstancias ambientales actuales, ciertos factores intrínsecos gobiernan las pérdidas globales por transpiración y dichos factores están a su vez dominados por las circunstancias ocurridas durante la formación de la hoja, agregan, que en la transpiración cuticular juega un rol importante el grosor de la cutícula, así como otros atributos morfológicos que la planta desarrolla bajo diferentes condiciones hídricas y así, la producción de hojas más cortas y robustas, con

menos superficie transpirante, está relación estrés hídrico favoreciendo la tolerancia a la



3.3.6 Correlaciones entre atributos ecofisi

Las Figuras 32 y 33, muestran las correlaciones potencial hídrico con índice de grosor y τ cuticular, observe que en ambos casos

($R=0.71$), lo cual indica que el tamaño de las partículas del suelo influye grandemente en el estado hídrico de la planta y de igual forma la transpiración, reflejando que mientras mejor estado hídrico tenga la planta mejor será el comportamiento de la transpiración. Estos resultados se corroboran con los obtenidos por Oliet (2001).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

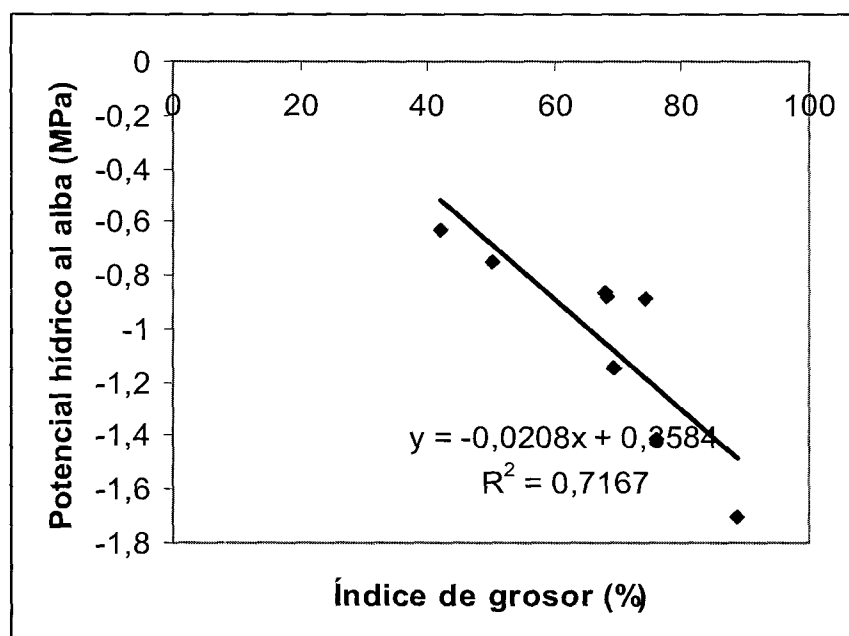
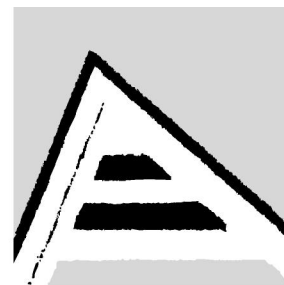
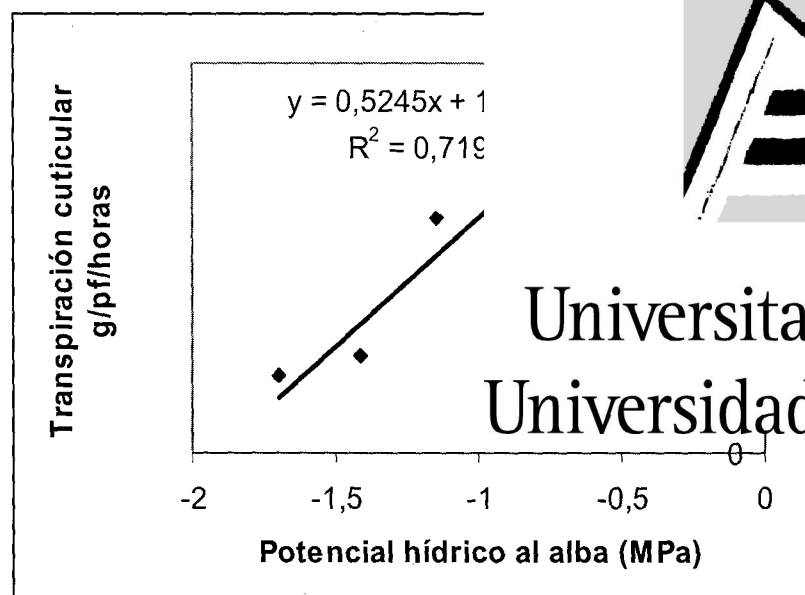


Figura 32. Correlación entre índice de grosor (%) y potencial hídrico (MPa)

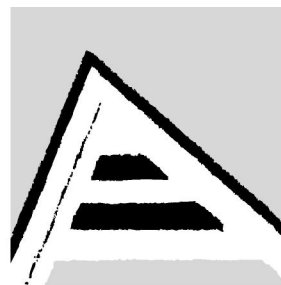


Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 33. Correlación entre potencial hídrico (MPa) y Transpiración cuticular (g/pf/horas).

3.4 Conclusiones.

- La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* presenta una gran diversidad de ambientes, y en condiciones de estrés hídrico, en contenidos nutricionales.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- Se aprecian diferencias notables en la transpiración, así como tasas considerables de la transpiración, manifestando la especie un mejor control estomático a las 4:00 PM.
- La población de Sabanalamar presenta una situación de estrés hídrico (-0.3 MPa), siendo la de menores valores de transpiración cuticular, lo que demuestra que el contenido de agua en el suelo asociado a las características morfológicas afectan la transpiración.

Capítulo 4. Variabilidad morfológica y *caribaea*.

4.1 Introducción.

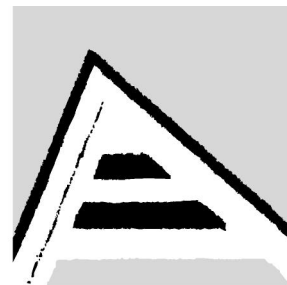
El hombre a través de la historia ha d
supervivencia, estas en su estado natural ti
continuamente produciendo variabilidad. T
no-visible han sido usadas por el hombre p
especies vegetales. En la caracterizació

variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así, el genoma de las especies de animales o plantas contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan tanto para establecer su identidad morfológica como para desarrollar todos los procesos y funciones vitales para su supervivencia. Se estima que las plantas superiores poseen un poco más de 400 000 genes con funciones particulares dentro de la especie y un buen número de ellos ha creado variantes por efectos evolutivos y del medio ambiente. Esas variantes se van acumulando entre los diferentes miembros componentes de la especie y la suma de todos los efectos de los genes y sus variantes es lo que se denomina variabilidad genética de una especie (Hidalgo, 2003).

La diversidad genética es la base de la capacidad de los organismos para adaptarse a los cambios en su medio ambiente a través de la selección natural. Las poblaciones con poca variación genética son más vulnerables a la aparición de nuevas plagas o enfermedades, contaminación, cambios climáticos y destrucción de hábitat debido a actividades humanas o a otros acontecimientos catastróficos. La incapacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes aumenta mucho el riesgo de extinción (Krutovskii y Neale, 2001).

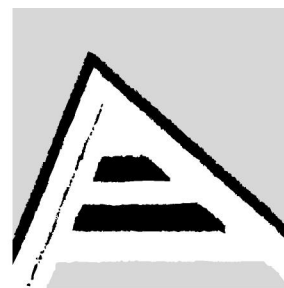
La diversidad genética es producto no sólo del número de especies presentes sino también de los cambios sucesivos, desde la repoblación de claros por nuevas especies al estado de clímax del bosque maduro. La diversidad genética y los recursos aumentarán o se reducirán en algunas partes del bosque y en ciertos momentos de acuerdo con los sistemas de ordenación y de cómo se entienda la dinámica forestal (Hidalgo, 2003).

Dada la falta de información sobre la naturaleza y la distribución de la variación genética de casi todas las especies arbóreas en la mayoría de los bosques



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

tropicales, la estrategia más segura será proveniencias geográficas y ecológicas. integridad de cada una de esas poblaciones que tendría lugar si se introdujera otra p (2005).



Para que se conserve una gran variedad de es indispensable mantener los elementos incluirán numerosas y complejas interacci

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

vegetales y los animales que las polinizan y dispersan su semilla. Por consiguiente, aunque el objetivo sea conservar algunas especies y poblaciones (Gilbert, 1980; Terborgh, 1986; Whitmore, 1990), citado por (Kemp, 2005).

Cualquier individuo sobre la tierra además de suponer de un componente genético característico de la especie a la que pertenece, dispone de un patrimonio genético propio y singular que lo diferencia de otros individuos de su grupo. Esta diversidad o variación encontrada dentro del rango jerárquico de la especie ha recibido diferentes denominaciones y acepciones: subespecífica o intraespecífica. Aunque se puede considerar la variación genética como los diferentes tipos de alelos y sus frecuencias presentes entre todos los miembros de una población considerada (acervo genético), no existe una única definición de variación genética para todos los propósitos (Fernández y Esquivel, 2001).

Los análisis de la diversidad genética han sido abordados desde tiempos inmemoriales a través de las variantes morfológicas aparecidas en la naturaleza, muchos de los cuales tienen un componente hereditario importante, mientras que otros constituyen diferentes respuestas de un mismo genotipo a las variaciones ambientales (Fernández y Esquivel, 2001).

Uno de los aspectos más importantes en conservación y genética es describir la arquitectura genética de las poblaciones naturales e identificar y ordenar las fuerzas y factores evolutivos responsables que expliquen dicha estructura genética. En un sentido más amplio, estos factores se pueden agrupar en abióticos (clima, localización, hábitats, etc.) (Fernández y Esquivel, 2001).

Alcolado *et al.* (2003), refieren que de acuerdo con el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Diversidad Biológica constituye “la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas

acuáticos, así como los complejos ecológicos incluye diversidad dentro de las especies, e Diversidad Biológica se hace patente en todos los seres vivos. El gen, la célula, el individuo muestran diversos grados de variación, evolutivos inherentes a cada caso.

Este mismo autor plantea que existen

Genética, Diversidad Específica o de Organismos

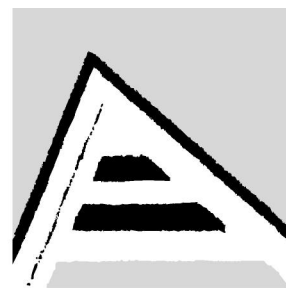
o de Ecosistemas. Como un caso particular provocado por el desarrollo de la sociedad humana, se considera a veces la diversidad cultural (interacciones del hombre a todos los niveles).

La **Diversidad genética:** es una función, en gran medida, de la historia evolutiva de la especie, de su aislamiento reproductivo y de la selección natural, es la variedad que existe dentro de organismos de una misma especie. En los genes, debido a diferentes causas, ocurren mutaciones o cambios al azar que dan lugar a la variación hereditaria dentro de la especie. De hecho, la variabilidad genética es tal que en el mundo no existen dos individuos de una misma especie que sean iguales. En este nivel están involucrados los cromosomas, genes y nucleótidos, entre otros

El gen es la unidad elemental de acción fisiológica y está directamente involucrado en la transmisión de los caracteres hereditarios, son moléculas extremadamente complejas, denominadas nucleoproteínas, que se localizan en el núcleo de la célula; su función es actuar como moduladores celulares en interacción con el ambiente, es decir, son los responsables de los cambios que se producen en las células (Alcolado *et al.*, 2003).

En cuanto al nivel de **Diversidad específica o de organismos**, señala que este concierne a todas las especies y formas de vida que pueblan el planeta.

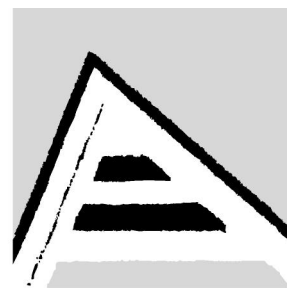
El concepto de especie ha sido motivo de muchas controversias y de hecho existen varios (tipológico, nominalista, biológico, filogenético, etc.) pero al menos para aquellas de reproducción sexual se puede aceptar que “son grupos de poblaciones naturales con cruzamiento entre sí que están aisladas reproductivamente de otros grupos” (concepto biológico) (Alcolado *et al.*, 2003).



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

Esta enorme diversidad se agrupa, de acuerdo en categorías tales como reinos, filos o divisiones, géneros, especies, subespecies y otras categorías subordinadas a estas, que no (Alcolado *et al.*, 2003).



La **Diversidad ecológica o de ecosistemas** de ecosistemas presentes en una región

conjunto de individuos, poblaciones y especies incluidas todas sus interacciones y con el medio ambiente. Entre los componentes de la diversidad ecológica se hallan los biomas, los paisajes y los hábitats, entre otros (Alcolado *et al.*, 2003).

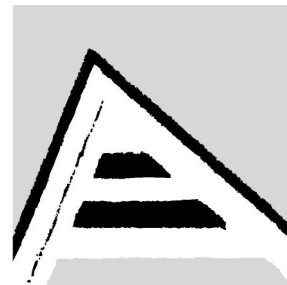
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La diversidad genética contenida dentro de una especie determinará el éxito de la respuesta de ésta frente a los disturbios naturales o antropogénicos en el medio ambiente. Es necesaria para la evolución con fines de adaptación de las especies (Alcolado *et al.*, 2003).

La diversidad genética en la naturaleza es el resultado de la acumulación de mutaciones, muchas de las cuales han sido moldeadas por la acción de la selección natural, otras son incorporadas al genoma por procesos que ocurren al azar. Las variantes genéticas encontradas en la naturaleza están integradas no solo a funciones fisiológicas y bioquímicas de los organismos, sino también a sus relaciones ecológicas (Alcolado *et al.*, 2003).

Para Furnier (2004), los niveles de variación genética dentro de especies y poblaciones interesan en el manejo de recursos genéticos, porque la variación sirve como materia prima de la evolución y está relacionada con la habilidad de las poblaciones para adaptarse a cambios ambientales. Los patrones de variación dentro de especies interesan, ya que determinan la manera en que se explota y conserva estos recursos. Si hay pocas diferencias entre poblaciones, la pérdida de cualquier población no es tan grave debido a que no se pierde una unidad única genéticamente. Por otra parte, si las poblaciones son muy diferenciadas, cada una representa un recurso único y se tendrá que mantener más poblaciones en programas de conservación y mejoramiento.

Butcher, Glaubetz y Moran (2000), señalan que una información fidedigna sobre la distribución de la variación genética es un requisito previo para programar debidamente la selección, mejora genética y conservación de



árboles forestales. La variación genética de
midiendo en el campo los caracteres morfol
el laboratorio los marcadores moleculares.

Medir e interpretar los niveles y patrones (entendimiento de las fuerzas evolutivas que

(1989); Molina (1992), citado por Furnier (2 una planta, lo que se aprecia es su fen

interacción entre genotipo y ambiente. Est

fenotipos diferentes cuando se encuentra en ambientes distintos (por ejemplo, un sitio rico en nutrientes vs uno pobre). Por eso, cuando vemos dos individuos de la misma especie que se encuentran en dos sitios distintos, es difícil decir qué tan diferentes son genéticamente porque está confundido con diferencias ambientales entre sitios. La manera más fácil de medir los niveles y patrones de variación genética es medir directamente la morfología en el campo.

Alía *et al.* (1999), plantean que la existencia de la variación genética en caracteres de interés para el repoblador, y el estudio de los patrones de variación geográfico de las especies, tienen una repercusión directa tanto en el uso en programas de reforestación como en la delimitación de regiones de procedencias. Las regiones de procedencias se basan en la relación entre variación genética y variación ecológica y geográfica.

En las especies forestales se han realizado una gran cantidad de estudios relacionados con sus patrones de variación. Los patrones de variación de cada especie dependen de su estructura genética, de sus poblaciones y de los factores que influyen en esta variación.

Las especies de género *Pinus* se destacan por presentar un alto nivel de heterozigosis en sus masas naturales, con valores muy elevados en comparación a otras especies vegetales (Hamrick *et al.*, 1992).

Las fuerzas que favorecen la conservación de la variabilidad son el flujo genético y la panmixia. Ésta parece derivar de la larga vida de estas especies, sometidas a ambientes muy variables durante su ciclo vital, que obliga mantener una alta diversidad (Alía *et al.*, 1999).

La adaptación a determinados factores climáticos y edáficos es uno de los principales aspectos de la variación genética por su importancia en el manejo de las especies.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Los ensayos en ambientes comunes cons para detectar las diferencias genéticas procedencias (Alía *et al.*, 1999).

Hidalgo (2003), plantea que como sucede (se desarrollan en condiciones naturales conforman una especie vegetal está bajo u adaptación con los factores en los que crece

Dichos factores son los bióticos (microorg animales inferiores y superiores) y los abióticos (clima y suelo), para ello, cada especie adapta la información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno. El resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética que a manera de variantes cada especie va guardando entre los miembros de su población, y que se va transmitiendo en las subsiguientes generaciones a través del tiempo (Hidalgo, 2003).

Existen numerosos tratados en los que se discute cómo se ha producido y aún se produce la variabilidad de las especies vegetales. Sin embargo, para los propósitos prácticos, las fuentes de variabilidad para las especies de plantas cultivadas se pueden resumir en las categorías siguientes (Hidalgo, 2003):

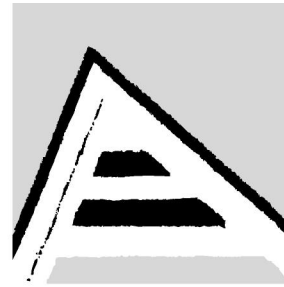
Evolutiva: Se refiere a la variabilidad producida durante los procesos evolutivos de especiación por los que haya pasado una especie, principalmente durante las etapas de aislamiento reproductivo, así como a la dinámica que la especie ha tenido y sigue teniendo en condiciones naturales.

Geográfica: Esta fuente de variabilidad es importante para un buen número de especies cultivadas que tienen un amplio rango de distribución geográfica, porque además de su dispersión natural, han sufrido una extensa dispersión artificial por acción del hombre. En términos generales, se espera que a mayor rango de dispersión geográfica de una especie vegetal, ocurra una mayor variabilidad.

Domesticación: Durante el proceso de domesticación de las especies cultivadas el hombre ha ejercido una fuerte presión de selección que ha permitido la preservación de muchas variantes, las cuales, posiblemente, hubieran desaparecido en condiciones naturales.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Expresión de la variabilidad: Toda la variación contenida en el genoma, es decir, entre los miembros de una especie, y puede o no expresarse en caracteres morfológicos e identificadas. Por tanto, desde el punto de vista de la variación contenida en el genoma de una especie pueden distinguirse tres clases: (1) la que se expresa en caracteres morfológicos y fenotipo, y (2) la que no se expresa en caracteres morfológicos y fenotipo, se refiere a los procesos o productos internos de la especie.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

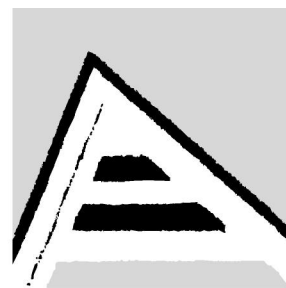
Para Baena *et al.* (2003), conservar la diversidad vegetal implica mantenerla evolucionando para que genere nueva diversidad. Esto sólo se logra manteniendo las poblaciones vegetales en su ambiente natural, es decir, en los sitios donde se originaron o donde han desarrollado sus características.

Este mismo autor refiere que un sitio de conservación debe tener la mayor diversidad genética y morfológica posible, grandes poblaciones o poblaciones cuyo tamaño se pueda incrementar fácilmente, el mayor rango posible de condiciones ecogeográficas, condiciones que aseguren la conservación a largo plazo y un costo de adecuación y mantenimiento favorable en comparación con otras posibles áreas.

Las especies pioneras colonizan espacios vacíos relativamente homogéneos en cuanto a condiciones de crecimiento, mientras que las especies de mayor nivel evolutivo soportan una mayor heterogeneidad ambiental en espacio y tiempo, por lo que una mayor diversidad genética intrapoblacional debe ser más ventajosa. En caracteres adaptativos, una especie pionera como *Pinus pinaster* presenta una variabilidad entre poblaciones muy alta, mientras que en los marcadores neutros es la intrapoblacional la que alcanza valores próximos al 95 por 100 (Gil, 2003).

Gil (2003), plantea que con frecuencia se destaca la **variabilidad interespecífica**, evaluada por el número de especies que habita en un territorio, lo que responde a un aspecto puramente ecológico y prioriza a los poseedores de mayor diversidad. Sin embargo, la biodiversidad no debe ser contemplada bajo la simple enumeración de las formas de vida inventariadas. Se sabe que la variación no es fija y está ligada a modificaciones en el tiempo y en el espacio. La representación dinámica del medio está asociada al concepto de metapoblación, como el conjunto interconectado de poblaciones locales que

tienen una duración de vida limitada y que
La **variabilidad intraespecífica** contempla
de una especie o en el interior de una pobla
que pueden ser seleccionadas y que const
que se produzca el cambio evolutivo y, en c
(Gil, 2003).

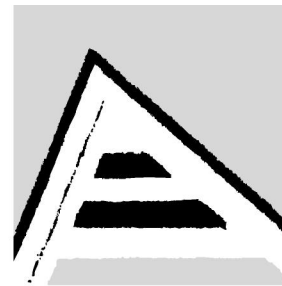


Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

La **variación adaptativa**, ligada a caracte
está basada en rasgos cuantitativos que se
pequeños y aditivos. Aspecto que implica que el efecto de la pérdida de un gen
implicado en la regulación de un carácter cuantitativo puede ser sustituido por
otro gen con similar influencia sobre el carácter; lo que quiere decir que
muchos genotipos pueden dar los mismos fenotipos. Sin embargo los
caracteres cuantitativos resultan difíciles de medir, están sometidos a la
influencia del ambiente (suelo y clima) y han sido menos estudiados. Requieren
ensayos de campo en los que se evalúan los comportamientos de
procedencias y de progenies bajo las condiciones del lugar del ensayo. Estas
pruebas permiten evidenciar las diferencias genéticas, pero sus resultados no
son extrapolables a otras condiciones medioambientales, por lo que demandan
superficies extensas, tiempo y medios económicos. Algunos de estos rasgos
son de interés en la gestión forestal como puede ser la producción, evaluada a
través del crecimiento en altura, la supervivencia o la forma del fuste. Los
ensayos de campo permiten estimar los parámetros genéticos de caracteres
mensurables, pero no pueden proporcionar información sobre genes
particulares, ni indicar cuantos se encuentran implicados en el carácter medido,
ni en que medida la variación fenotípica puede ser explicada por la variación en
los genes (Gil, 2003).

Loo (2004), discutió la manera en que la reducción de la variabilidad genética,
como un resultado de la deforestación, resulta en: eliminación de genotipos
indeseables, invasión de especies inferiores, degradación de terrenos
forestales y la creación de nuevas especies a través de hibridación.

Las diferencias en caracteres adaptativos implican la presencia de diferentes
fuerzas selectivas. La escala sobre la que una especie muestra poblaciones
con adaptaciones diferenciales al medio depende inevitablemente del grado de
heterogeneidad de las características específicas de su hábitat y de la cantidad



de flujo genético. Una diferenciación marcada con las condiciones ambientales de las poblaciones. La **adaptabilidad**, o capacidad de responder genéticamente o fenotípicamente a cambios ambientales, es una inversión en un futuro. Los caracteres adaptativos son los que marcan procesos de selección reciente y están relacionados con la producción y con el carácter protector que confiere (García 2003).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

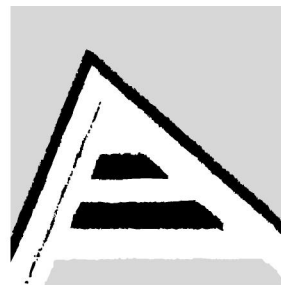
Poblaciones con una débil variación genética son más vulnerables; pues la falta de capacidad para adaptarse al cambio aumenta el riesgo de desaparición. Las masas forestales con área de distribución extensa y polinizada por el viento son, en general, poseedoras de gran diversidad genética; cuya existencia es garantía de su supervivencia frente a un posible cambio no predecible. Los estudios filogeográficos muestran como los linajes generados a partir de los diferentes refugios glaciales poseyeron suficiente variación genética para permitir su adaptación a los nuevos hábitats conforme las especies se expandían a medida que se retiraban los casquetes glaciares. Tal ha sido el caso de los robles blancos, uno de los grupos mejor estudiados en Europa (Kremer y Neale, 2002).

Pinus caribaea var. *caribaea* ha sido una de las especies del género *Pinus* más estudiadas en Cuba en diferentes aspectos de su silvicultura y áreas de distribución, mostrando ciertos niveles de variabilidad. Por ejemplo, López (1982), plantea que *Pinus caribaea* var. *caribaea* es una especie muy plástica; con una tendencia a pequeñas modificaciones de tamaño de hojas y conos hacia el noroeste, por ejemplo las poblaciones del NE tienen aproximadamente 4 acículas por fascículos mientras que las NO son de 3-4 acículas por fascículos.

Zheng y Ennos (1999), detectaron gran variabilidad genética en diferentes poblaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Cuba, siendo similares a la de otras especies del mismo género.

Geada (2004), refiere que es una especie muy variable a nivel molecular, con gran número de haplotipos en el cpDNA con cierta homogenización a nivel de

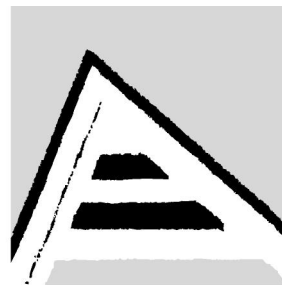
distribución de su variabilidad entre todas l
Río con escasa estructura genética.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

4.2 Materiales y Métodos.

Se realizó una investigación a nivel molecular usando los resultados de Geada (2006) y de marcadores de ADN, en áreas de distribución de *caribaea* var. *caribaea*, procedentes de las Jagua, Galalón, La Güira, Viñales, Pinar d



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

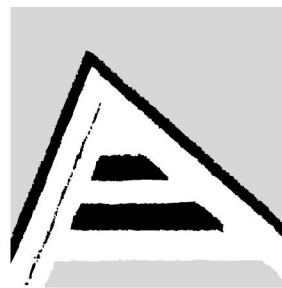
4.2.1 Evaluación del fenotipo.

Se evaluó el fenotipo de las masas naturales a través de parámetros cuantitativos como son la rectitud del fuste, la ramificación y el ángulo de inserción de las ramas considerando como buen fenotipo, de manera general, los árboles con buena rectitud, ramas finas, cortas y delgadas y un ángulo de inserción de las ramas cercano a 45°, a través de la metodología establecida por (Eldrige, 1973).

Para determinar el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta los criterios aportados por Machado (2002), donde plantea que para el cálculo del número mínimo de muestra requerida se debe considerar el coeficiente de variación o la varianza y el error de muestreo deseado para una probabilidad dada. En este caso, debido a la inexistencia de informaciones previas sobre los parámetros de la población objeto de estudio fue necesario realizar un muestreo piloto, con el objetivo de obtener estimaciones básicas para el cálculo de la intensidad de muestreo en el inventario y además se tuvo en cuenta que se garantizara la mayor variabilidad posible.

Las informaciones fueron tomadas en un intervalo de 16 - 20 unidades de muestreo, distribuidas aleatoriamente en cada una de las regiones de estudio, con dimensiones de 100 m² y de forma cuadrada. Se tomó la rectitud del fuste, como variable para calcular el tamaño de la muestra, donde fueron empleadas informaciones de las 16 unidades de muestreo. El mismo fue determinado por la fórmula de (Prodan *et al.*, 1997) considerando un error experimental, del 10 % ya que se trata de un bosque regular.

A partir de los criterios del evaluador en cuantificó que porcentaje representa cada las categorías de 5, 4, 3 y 2.



4.2.2 Parámetros morfológicos.

Para analizar el comportamiento y niveles morfológicos de la especie *Pinus caribaea* localidades, en cada una de las cuales se

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

árboles, teniendo en cuenta el tamaño del rodal. De cada uno de estos árboles se colectaron muestras de acículas y conos, fijando el mismo criterio en cada uno de ellos, de forma tal que se garantizara al máximo una mayor homogenización en la muestra.

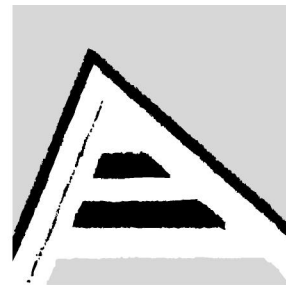
Los criterios que se tuvieron en cuenta para la recolección y toma de datos de campo fueron los siguientes:

- orientación al Norte.
- Colectar ramas y conos de la parte media de la copa del árbol.
- Tomar agujas por fascículo de la parte más basal de la rama.
- Fijar una distancia de 100 m como mínimo entre la toma de muestra de un árbol y otro, para disminuir los efectos de la consanguinidad.

Con el propósito de determinar la magnitud y el patrón de variación individual en las poblaciones naturales de la especie se estudiaron 15 variables morfológicas en acículas y conos y 3 variables anatómicas en las acículas. Las variables estudiadas fueron:

- Peso del cono cerrado.
- Peso del cono abierto.
- Peso producción de semilla/ muestra de conos.
- Longitud de los conos.
- Ancho de los conos.
- No. escamas por cono.
- Largo de las escamas.
- Ancho de las escamas.
- Largo de la apófisis.

- Ancho de la apófisis.
- Largo del umbo.
- Ancho del umbo.
- No. de acículas por fascículos.
- Longitud de las acículas.
- Disposición estomática.
- Grosor de cutícula.
- Número de canales esquizógenos resiníferos.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

En total se recolectaron 50 conos en cada una de las localidades, los cuales fueron expuestos varios días a pleno sol hasta lograr su dehiscencia, recolectando toda la semilla producida por cada muestra en cada localidad, las mismas fueron pesadas al igual que los conos cerrados y abiertos, en una balanza técnica digital SartoriusBL 1500, con un error de 0.1 g.

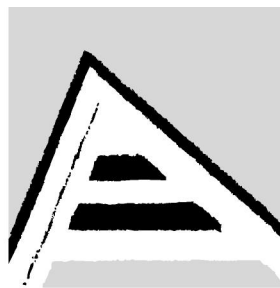
En cada cono se midió el largo y ancho con una regla graduada en cm y se contó la cantidad de escamas de cada cono, tomando el valor promedio por cada cono y se midieron la longitud y el ancho de las escamas con una regla, también se midió en las escamas el largo y ancho de la apófisis y el umbo, estas dos últimas fueron medidas con un micrómetro ocular.

Se contó el número de agujas por fascículos, seleccionando una muestra al azar de 100 agujas por cada árbol, en cada procedencia, y se registró la cantidad de árboles en que se colectaron fascículos de 2, 3 y 4 agujas.

A cada una de las acículas se les midió el largo y el ancho. El largo se determinó con una regla graduada en cm y el ancho con un micrómetro ocular.

Además se hicieron cortes anatómicos en las acículas por cada una de las localidades, utilizando una cuchilla bien afilada y tratando de que el corte fuera lo más fino posible y sin dañar los tejidos, los cuales fueron observados en el microscopio óptico. Las variables utilizadas en el estudio anatómico fueron la disposición estomática (número de estomas por fila), el grosor de cutícula, y el

número de canales esquizógenos resiníferos
uno de ellos, con el uso del software Image



4.2.3 Procesamiento estadístico

Para el procesamiento estadístico en to
automatizado SPSS ver. 10.0.

Con los datos obtenidos de la evaluaci

masas naturales se obtuvieron paráme

dendrograma, utilizando el índice de afinidad de distancias euclidianas y el
ligamiento de promedios entre grupos como método de aglomeración.

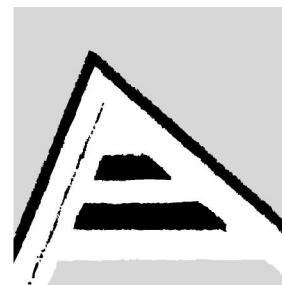
Se realizó un análisis de componentes principales, utilizando la correlación de
Pearson, en 8 variables morfológicas de conos (Largo y ancho del cono, largo y
ancho de la escama, largo y ancho de la apófisis y largo y ancho del umbo).

Se hicieron correlaciones entre las características morfológicas y algunos
factores ecológicos y se construyeron curvas de regresión lineal. Las variables
utilizadas fueron: largo del cono con la longitud geográfica; largo de la aguja
con la altitud; largo de la aguja con la longitud geográfica y promedio de agujas
por fascículos con la longitud geográfica.

Con las mediciones de largo y ancho de las agujas se realizó un análisis de
varianza de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples
de Duncan al 95 % de confiabilidad.

Se confeccionó un dendrograma general, a partir de conglomerados jerárquicos
incluyendo un total de 22 variables de tipo ecológicas, morfológicas,
anatómicas y fisiológicas, tales como: largo de la acícula, ancho de las acícula,
número de acículas, grosor de cutícula, número de estomas, número de
canales esquizógenos resiníferos, largo del cono, ancho del cono, largo de la
escama, ancho de la escama, largo de la apófisis, ancho de la apófisis, largo
del umbo, ancho del umbo, precipitaciones, altitud, tipo de suelo, propiedades
química y físicas del suelo, potencial hídrico al alba, al mediodía y la
transpiración cuticular, utilizando el índice de afinidad de distancia euclídiana y
el ligamiento de promedio entre grupos.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



4.3 Resultados y discusión.

4.3.1 Variabilidad fenotípica en poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

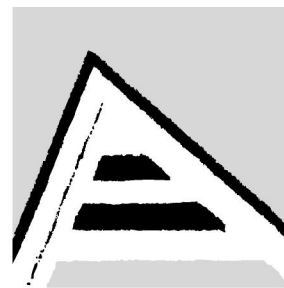
La Tabla 17, representa los valores estadísticos de las variables del fenotipo, lo cual permite comparar las localidades que mostraron una mejor adaptación. Se mostró valores superiores en el carácter rectitud en las localidades que existe una mayor diversidad de criterios de selección, aunque de forma general los valores no son extremos y se puede clasificar como aceptable la conformación fenotípica. González y Pérez (1983), señalan que la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* muestra una excelente forma del fuste y buenas características de ramificación.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Tabla 17. Valores descriptivos del fenotipo en poblaciones naturales de la especie.

Localidades	Rectitud		Ramificación		Ángulo de ramas	
	Moda	CV (%)	Moda	CV (%)	Moda	CV (%)
Cajálbana	5	10.94	4	11.96	5	11.57
Marbajita	4	11.11	4	12.70	4	13.55
La Jagua	4	9.95	4	11.32	4	10.14
Galalón	3	18.44	3	17.95	3	18.15
Viñales	3	20.53	2	28.74	3	20.53
Sabanalamar	3	17.54	3	13.83	3	16.06
P. Río	3	18.86	3	13.04	4	14.12
La Güira	4	15.17	4	17.20	4	16.05
Std. Desv.	0.91		0.86		0.86	
Std. Error	4.41×10^{-2}		4.17×10^{-2}		4.13×10^{-2}	
CV Total (%)	25.07		25.44		22.93	

En las Tablas 18, 19 y 20, aparecen representados los porcentajes obtenidos en la evaluación de los caracteres fenotipos de rectitud del fuste, ramificación y ángulo de inserción de las ramas, para distinguir las procedencias de buena, media y malas características en cuanto a estos parámetros.



La rectitud del fuste, permite distinguir los á
Los resultados que se presentan en la Tabl
la población se encuentra en las categorías
procedencias con características muy supe
se refiere, tales como, Cajálbana, Marbajita
genotipos ideales para la conservación de la
Tabla 18. Comportamiento de la rectitud del

Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%				
Cajálbana	34	56.66	26	43.33				
Marbajita	30	50	30	50.0				
La Jagua	11	22.0	39	78.0				
Galalón			3	6.0	35	70.0	12	24.0
Viñales			10	20.0	30	60.0	10	20.0
Sabanalamar					34	68.0	16	32.0
Pinar del Río			21	42.0	25	50.0	4	8.0
La Güira	20	40.0	33	66.0	7	11.67		

La ramificación, al igual que otros parámetros presenta individuos sobresalientes, en este caso, distinguidos por ramas finas, cortas y delgadas.

El tamaño de las ramas tiene un efecto evidente sobre la calidad y tamaño de los nudos, ya que afecta la resistencia de la madera terciada y los tableros. La madera contenida en y alrededor de los nudos tiene en ocasiones un alto contenido de resina y un bajo contenido de celulosa (Zobel y Talbert, 1988).

Este carácter está representado en todas las categorías evaluadas, lo cual indica una gran diversidad de las poblaciones en cuanto a forma de las ramas, encontrando los más altos porcentajes en las categorías 4 (árboles de buena apariencia), predominando en mayor o menor cuantía en todas las localidades, pero con valores más elevados en las procedencias Cajálbana, Marbajita y La Jagua y en las categorías 1 y 2 (árboles de mala apariencia), están representados los orígenes geográficos de Viñales, Sabanalamar, Galalón y Pinar del Río, esto significa que parte de esta población está caracterizada por este defecto, lo cual influye en el espaciamiento, en la cantidad de árboles por hectárea y en consecuencia, en el rendimiento por ha y además en la calidad

de la madera ya que el grosor de las rama
calidad de la madera porque interviene sobre

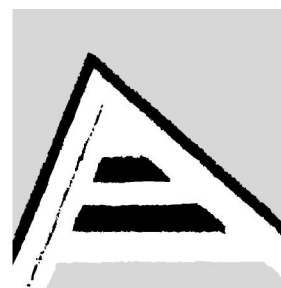


Tabla 19. Comportamiento de la ramificación

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%
Cajálbana	25	41.6	32	53
Marbajita	18	30	36	59
La Jagua	13	21.66	36	59.17
Galalón			11	18.33
Viñales			7	11.67
Sabanalamar			5	8.33
Pinar del Río			11	18.33
La Güira	9	15	30	50

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

El ángulo de inserción de las ramas, también presenta una singular importancia. En la Tabla 20, se muestra que el máximo porcentaje de árboles con buenas características (4 y 5), en cuanto a esta variable, está representado por las procedencias Cajálbana, Marbajita, La Jagua y La Güira y el mayor porcentaje con características de mala calidad, o sea con defecto (1 y 2) pertenece a las procedencias Galalón, Viñales, Sabanalamar y Pinar del Río. Estos resultados son similares a los obtenidos por (García *et al.*, 2006), donde reportan el mayor porcentaje de árboles en las categorías de mejor apariencia fenotípica en las localidades de Cajálbana, Marbajita y La Jagua y los peores resultados en la localidad de Galalón, también (Mercadet *et al.*, 1990), y (González *et al.*, 1983), obtuvieron resultados similares a partir de un estudio con estos orígenes geográficos.

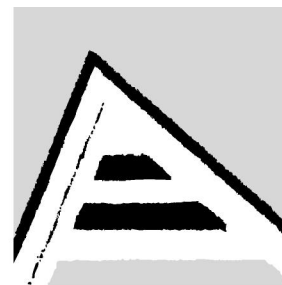


Tabla 20. Comportamiento del ángulo α en los orígenes geográficos.

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%				
Cajálbana	36	60.0	23	38.				
Marbajita	21	35.0	35	58.				
La Jagua			38	76	Universitat d'Ala			
Galalón			5	10	Universidad de Al			
Viñales			10	20				
Sabanalamar					37	74.0	13	26.0
Pinar del Río			27	54.0	23	46.0		
La Güira	12	20.0	39	65.0	8	13.33	1	1.67

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

La Figura 34, muestra el dendrograma realizado a partir de las evaluaciones del fenotipo de las masas naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

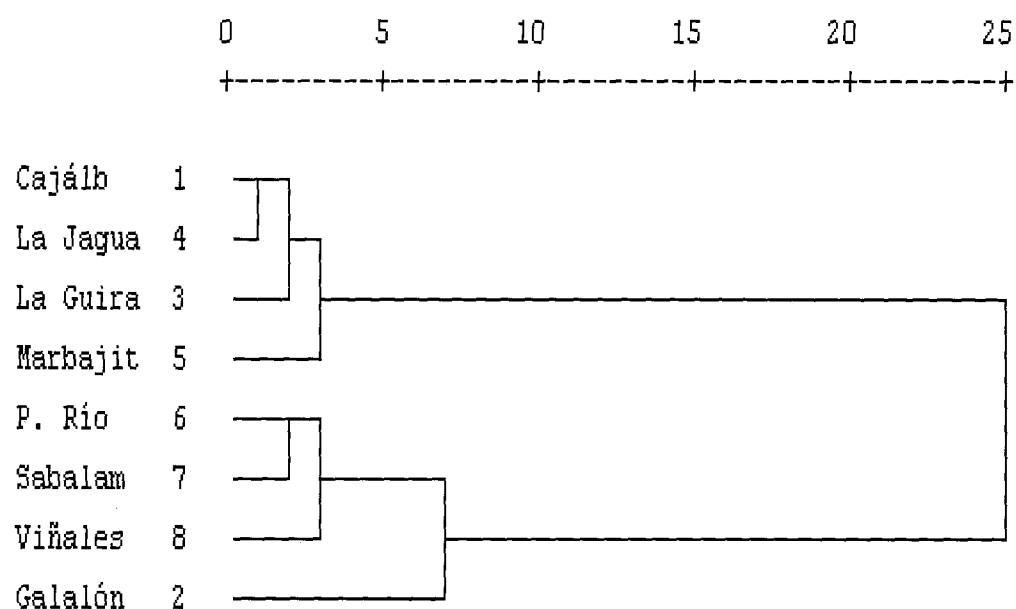
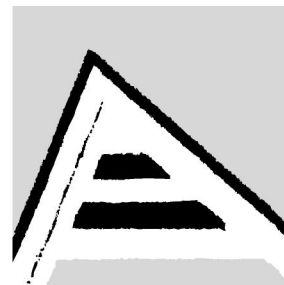


Figura 34. Dendrograma de las variables fenotípicas en masas naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

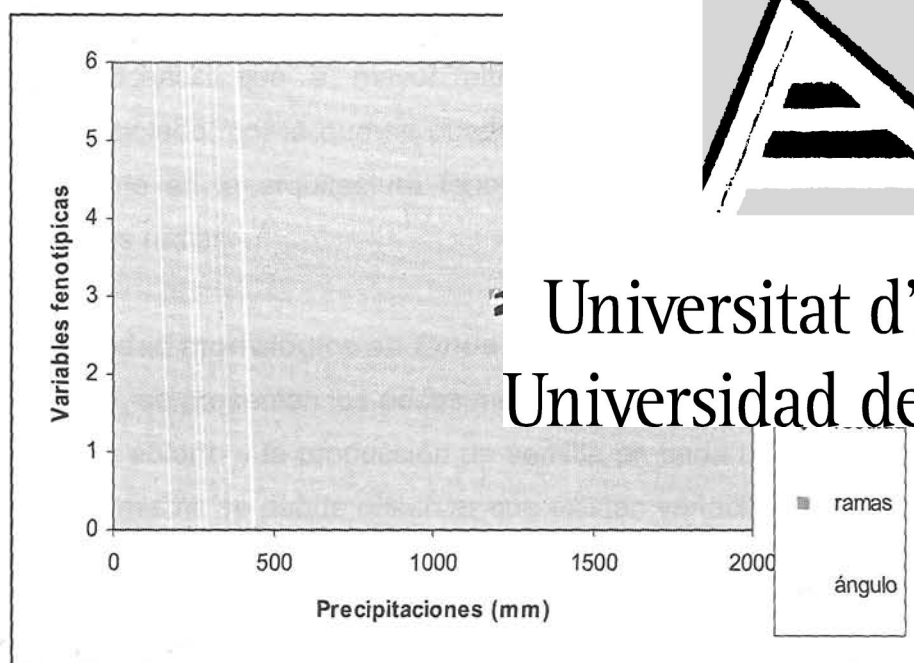
El dendrograma para el fenotipo, brinda la f
uno compuesto por las localidades Cajálba
y otro por Pinar del Río, Sabanalamar, Viñ
diferencias entre ambos. Es importante se
encuentran asociadas las localidades don
homogéneas, en cambio en el segundo la
Pinus tropicalis o en áreas donde no de
probablemente el núcleo original de la espe
las localidades comunes a los sitios de mejores resultados, coincidiendo con lo
expresado por (García et al ., 2004).

Álvarez (1995), plantea que la distancia euclidiana por su parte mide la
proximidad entre casos o grupos de casos y sus valores crecen en función de
la distancia. Como se aprecia el grupo más distante es el segundo, con una
distancia euclidiana de 8 unidades aproximadamente y es precisamente en
esta asociación donde se encuentran las procedencias que arrojaron los
peores resultados en cuanto a la evaluación de los parámetros rectitud del
fuste, ramificación y el ángulo de inserción de las ramas.

Las variables fenotípicas, están muy influenciadas por el ambiente, es por ello
que no en todos los casos un buen fenotipo es la expresión de un buen
genotipo. En las Figuras 35 y 36 se presenta la correlación existente entre
estas tres características y dos variables ecológicas (precipitaciones y altitud),
así como las ecuaciones de regresión en cada variable.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 35. Correlación entre fenotipo y precipitaciones.

Como se observa en la figura anterior se obtuvo una correlación lineal creciente, lo cual indica, a modo general, que a medida que aumentan las precipitaciones los árboles adquieren una mejor apariencia, aunque el coeficiente de correlación mostró valores bastante bajos en las tres variables.

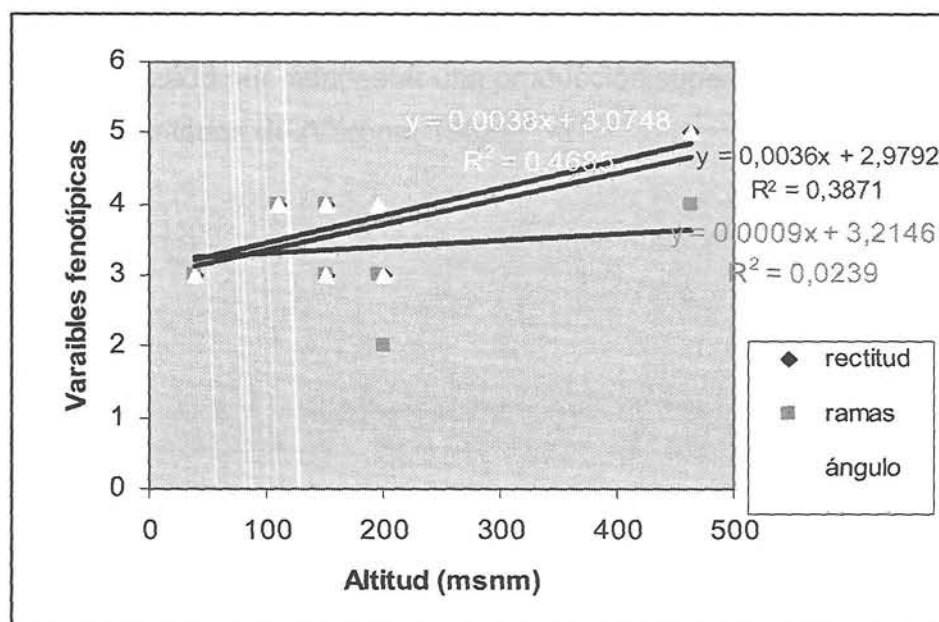
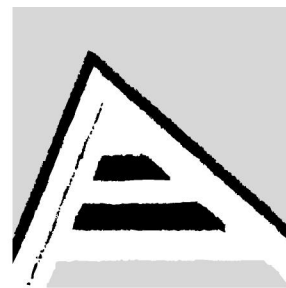


Figura 36. Correlación entre fenotipo y altitud.

Al igual que en la figura anterior la cu
creciente, indicando que a mayor altit
adquiere el arbolado, por lo que se puede
es determinante en la arquitectura fenotí
inserción de las ramas.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

4.3.2 Variabilidad morfológica en *Pinus* (

En la Tabla 21, se presentan los pesos me
cerrado, como abierto y la producción de semilla en cada una de las áreas de
estudio. En la misma se puede observar que existen variaciones notables entre
las localidades, siendo mayores en Cajálbana, La Güira, La Jagua y Marbajita,
en ese mismo orden.

Betancourt (1966), plantea que la producción media por cono de *Pinus caribaea* es de 68 semillas. En este estudio se aprecia que solo las localidades de Cajálbana y La Güira superan la media por conos. Las variaciones dentro de la especie en cuanto la cantidad de semillas por cono pueden estar dadas por factores, como la procedencia y el año semillero, pero en este caso, además de la influencia de estos, los niveles de productividad pudieron estar afectados por el estado de deterioro a que están sometidas las masas naturales, incluso las masas semilleras de Marbajita y Cajálbana (101, 102 y 103) que históricamente se han caracterizado por manifestar una producción superior a la obtenida en el estudio, según criterios de (Varona, 1982).

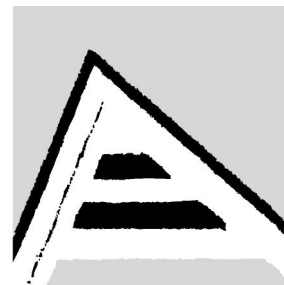


Tabla 21. Peso medio de conos cerrados, por localidades (g).

Localidad	Peso cono c (g)		
Cajálbana	685,5		
Marbajita	527,4		
La Jagua	551,5		
Galalón	402,5		
Viñales	442,2	371,6	49.0
Sabanalamar	428,6	369,9	45.2
Pinar del Río	400,1	360,1	35.4
La Güira	610,1	526,2	71.0

Universitat d'Alacant
Universidade de Alicante

En la Figura 37, se muestra el número promedio de escamas por localidades, mostrando mayor número las localidades La Jagua, Cajálbana, La Güira y Marbajita. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por López (1982).

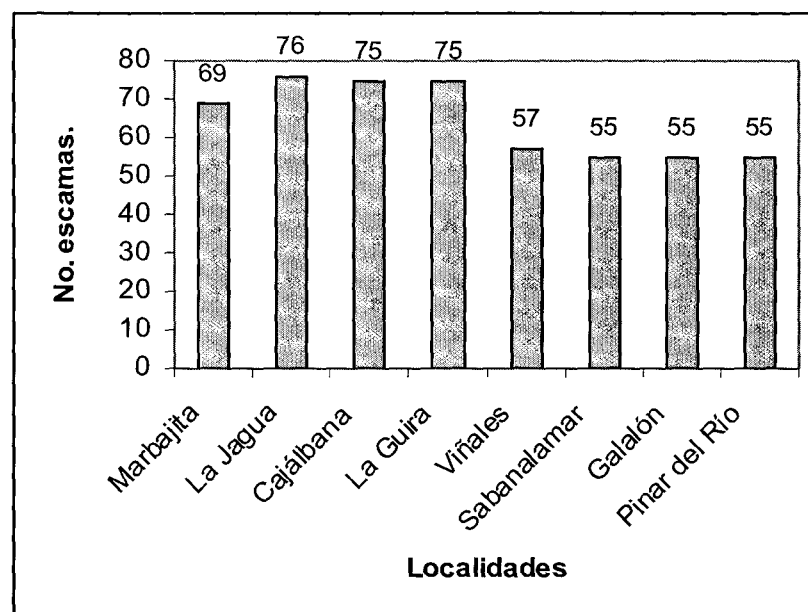
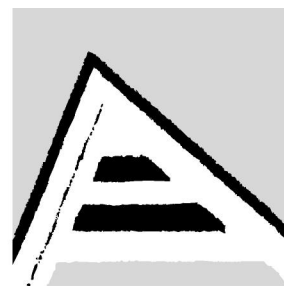


Figura 37. Número de escamas promedio por localidades.

El análisis de componentes principales por los conos y escamas, refleja muy poca dispersión en la matriz de correlación de Pearson obtenida. La misma refleja que todas las variables están correlacionadas entre sí, mostrando el largo de las escamas y la relación entre ellas y con las demás.



Universitat d'Alacant

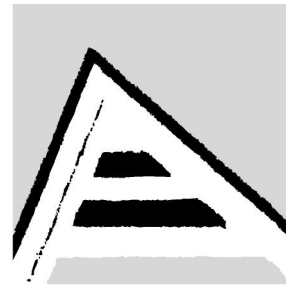
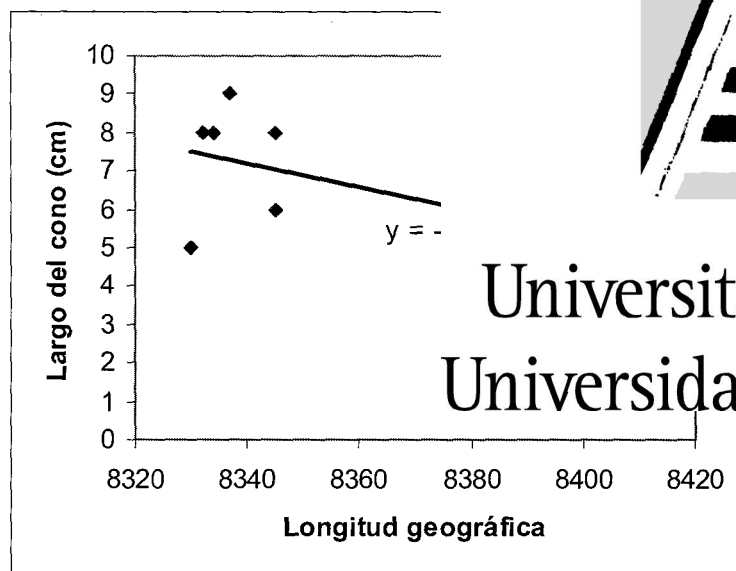
Universidad de Alicante

Tabla 22. Matriz de correlación entre 8 variables (largo de cono, ancho de cono, ancho de escama, largo de apófisis, ancho de umbo, largo de umbo, largo de escama, ancho de apófisis).

	Largo cono	Ancho cono	Ancho escama	Largo apófisis	Ancho umbo	Largo umbo	Largo escama	Ancho apófisis
Largo cono	1,000							
Ancho cono	,874*	1,000						
Ancho escama	,804*	,739*	1,000					
Largo apófisis	,818*	,753*	,945*	1,000				
Ancho umbo	,704*	,694*	,774*	,759*	1,000			
Largo umbo	,645*	,586*	,734*	,750*	,792*	1,000		
Largo escama	,391	,384	,496	,485	,401	,411	1,000	
Ancho apófisis	,461	,468	,592*	,675*	,524	,534	,448	1,000

* La correlación es significativa en el nivel $P < 0.05$.

La Figura 38, representa la correlación existente entre el largo del cono y la longitud geográfica, mostrando un coeficiente de correlación de 0.38, lo cual indica que esta variable no presenta alta relación con la longitud geográfica.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 38. Correlación entre Largo del cono y longitud geográfica.

Las Figuras 39 y 40, reflejan correlaciones entre el largo de la aguja (la) con dos variables ecológicas (altitud y longitud geográfica). Como se puede observar el largo de las acículas muestra una alta correlación con la altitud, sin embargo con la longitud geográfica esta se hace más baja, lo cual expresa que esta variable morfológica está fuertemente influenciada por la altitud, aumentando en tamaño en los sitios de mayor altura.

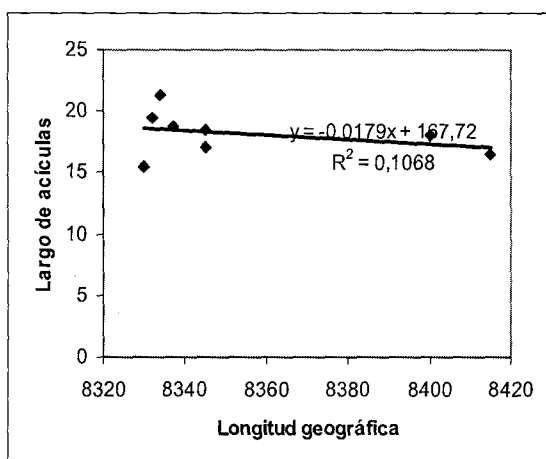


Figura 39. Correlación entre la y long. geog

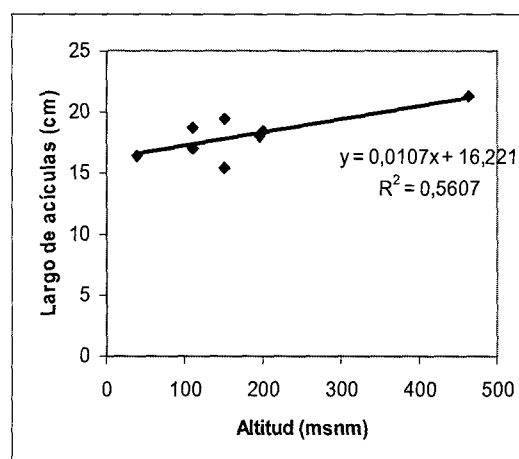
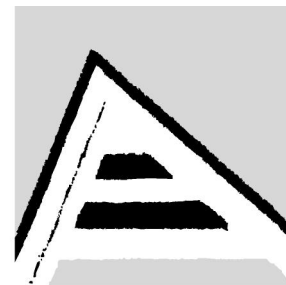


Figura 40. Correlación entre la y altitud.



El promedio de agujas por fascículo es una característica del género *Pinus*, debido a la gran variación que comúnmente muestra. En la Tabla 23, se observa el porcentaje que representan con fascículos de 2, 3 y 4 agujas en cada una de las localidades.

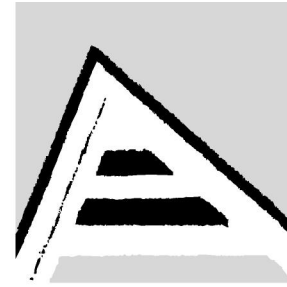
Tabla 23. Cantidad de árboles con fascículos de 2, 3 y 4 agujas.

Localidades	Total árboles	de 2 agujas		de 3 agujas		de 4 agujas	
		No.	%	No.	%	No.	%
Cajálbana	34	6	17.64	34	100	14	41.18
Galalón	22	6	27.27	22	100	9	40.91
La Güira	37	3	8.11	37	100	16	43.24
La Jagua	15	3	20.0	15	100	5	33.33
Marbajita	32	5	15.62	32	100	13	40.62
Pinar del Río	13	2	15.38	13	100	3	23.08
Sabanalamar	16	7	43.75	16	100	0	0
Viñales	25	6	24.0	25	100	3	12.0

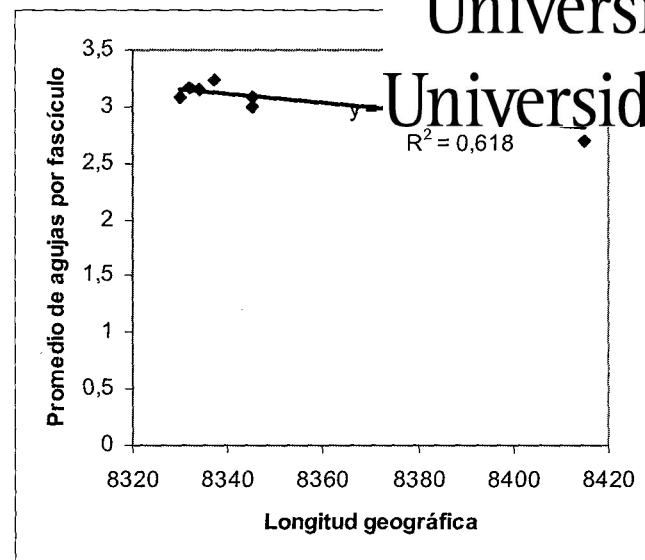
Los resultados de la tabla anterior, indican que todos los árboles muestreados de cada una de las localidades de esta especie tienen fascículos con tres agujas, también se encuentra un considerable grupo de procedencias con altos porcentajes en fascículos de 4 agujas, coincidiendo con lo obtenido por López (1978).

Little y Droman (1974), señalan que raramente se encuentran fascículos con dos agujas en esta especie, sin embargo, en el muestreo se detectó un porcentaje en mayor o menor cuantía en casi todas las localidades, siendo mayores en las poblaciones de Sabanalamar, Galalón y Viñales.

En la Figura 41, se muestra una alta correlación entre el promedio de agujas por fascículos y la longitud geográfica ($R^2 = 0.61$), indicando que la exposición influye en el número de agujas presentes en las localidades; evidenciándose que las localidades ubicadas al NE de la provincia de Pinar del Río (Cajálbana, Galalón,



La Güira, Marbajita y La Jagua), tienen un m:
corroborando lo planteado por (López, 1982)
aproximadamente 4 acículas por fascículos,
3 a 4 por fascículos.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Figura 41. Correlación entre el promedio de agujas por fascículos y la longitud geográfica.

En la Tabla 24, se muestran los resultados que produjo el análisis estadístico para las variables largo y ancho de las acículas, mostrando en ambos casos diferencias altamente significativas. Se aprecia que los valores medios superiores de largo y ancho de las acículas corresponden a las localidades de La Güira y La Jagua y los inferiores a Galalón y Sabanalar, existiendo variaciones notables entre ellos.

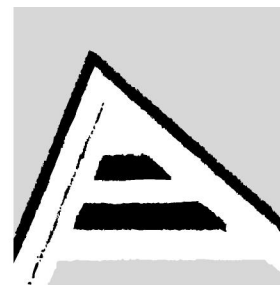
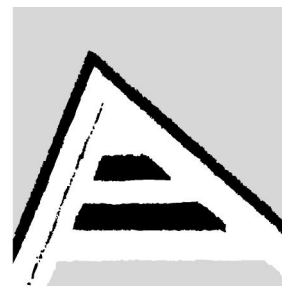


Tabla 24. Valores medios del largo y ancho c

Localidades	Largo acículas (cm)	
Galalón	16.05 a	
Sabanalamar	16.25 a	
Pinar del Río	18.14 b	
Viñales	18.17 b	
Marbajita	18.69 b	
Cajálbana	18.97 b	0.12 c
La Jagua	20.66 c	0.14 c
La Güira	20.71 c	0.13 c
Std Desv.	2.45	4.62×10^{-2}
Std Error	0.17	3.27×10^{-3}

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Las características anatómicas son fundamentales en la descripción de las especies y al igual que las demás variables morfológicas muestran ciertos niveles de variación, (López, 1982). En la Figura 42, se presenta un corte anatómico de una aguja de ***Pinus caribaea* var. *caribaea***, así como la ubicación de cada una de las estructuras anatómicas estudiadas y los valores medios comprendidos a nivel poblacional.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

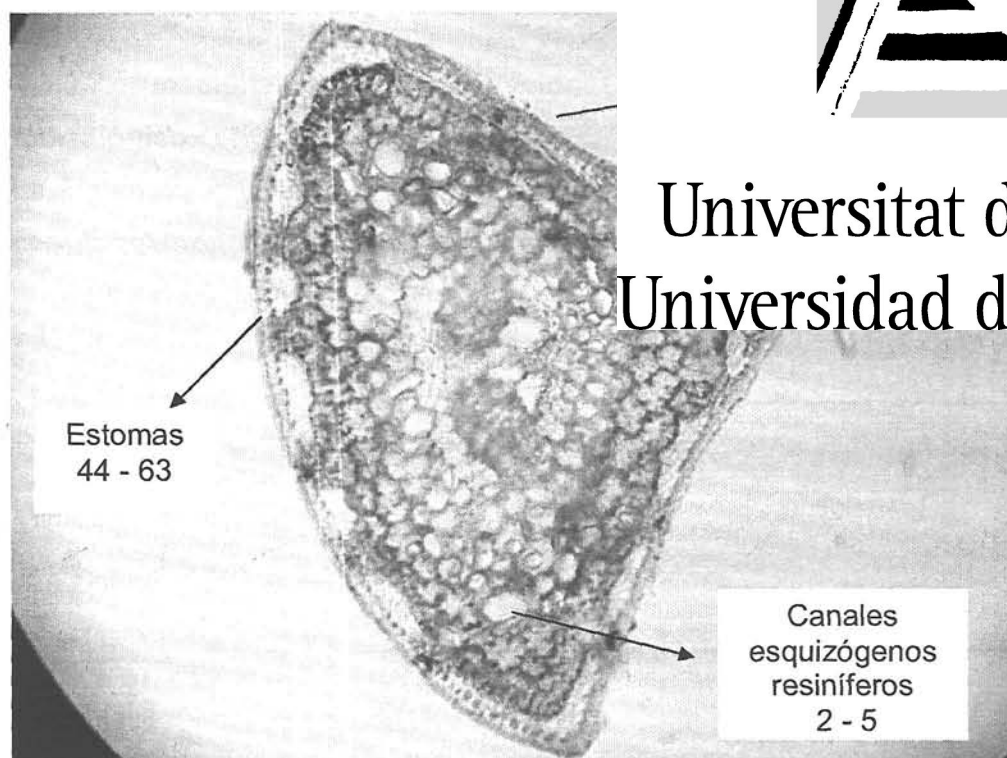
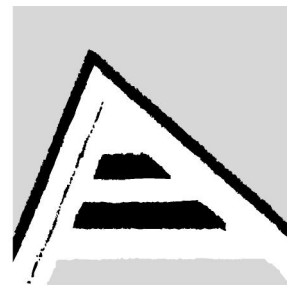


Figura 42. Corte transversal de una aguja de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y valores medios de cada una de las estructuras.

Las tres variables anatómicas estudiadas reflejaron diferencias notables entre las localidades. En el caso del grosor de cutícula los valores superiores corresponden a la localidad de Sabanalar y los inferiores a Cajálbana, esto puede estar dado, fundamentalmente, por los mecanismos de adaptación por los que ha tenido que transitar las poblaciones de Sabanalar, donde las condiciones edáficas no son las idóneas para el desarrollo de la especie.

En cuanto a los canales esquizógenos resiníferos, el mayor número de canales corresponde a las localidades de Cajálbana, Marbajita y La Güira, siendo estas las de niveles de producción de resina superiores, y el número de estomas resultó superior en las poblaciones de Galalón, Viñales y Sabanalar, o sea en los sitios donde la especie se encuentra en mezcla con *Pinus tropicalis*, similar a lo observado por López (1979).



4.3.3 Agrupaciones entre las poblaciones morfológicas.

La Figura 43, muestra un dendrograma a partir de un conjunto de variables ecológicas, morfológicas y morfológicas.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

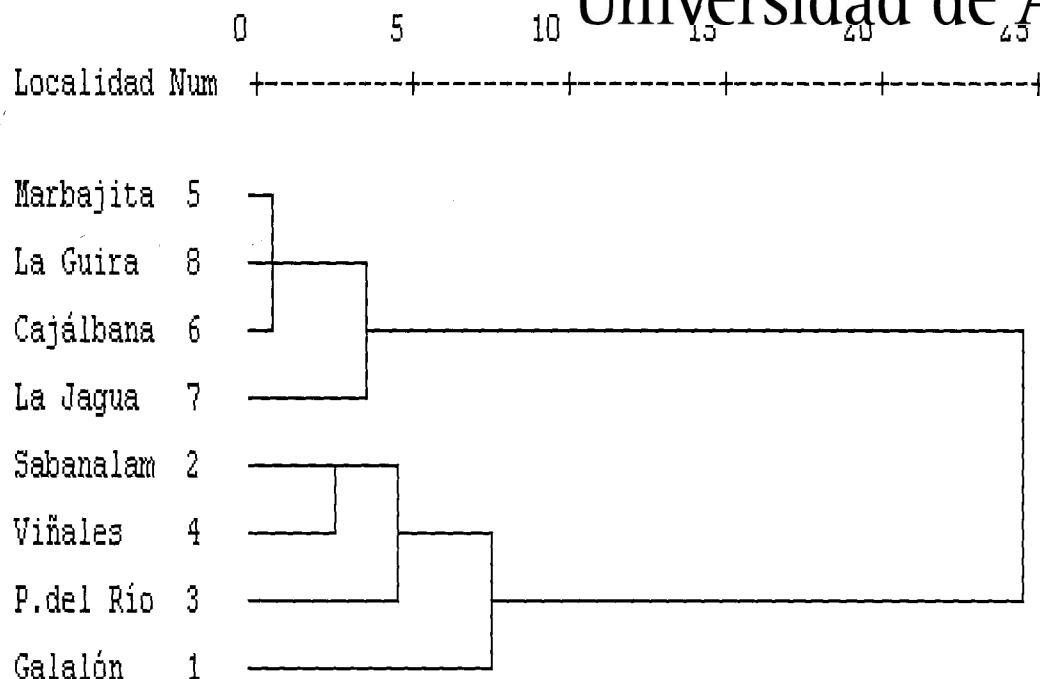
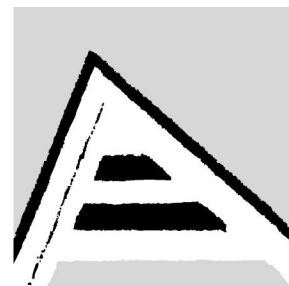


Figura 43. Dendrograma general, a partir de 22 variables de carácter ecofisiológico y morfológico.

La figura anterior muestra la formación de dos grandes grupos, uno compuesto por las localidades del NE (Marbajita, La Güira, Cajálbana y La Jagua), con un comportamiento muy similar entre ellas; y otro grupo predominantemente centro-NO (Sabanalar, Viñales, Pinar del Río y Galalón), aunque como se aprecia esta última localidad se ubica a una mayor distancia, lo cual indica que Galalón presenta características únicas a nivel ecológico, morfológico, anatómico y



fisiológico que le permiten diferenciarse de como una unidad diferenciada de las restant

Por su parte Geada (2006), realizó un es microsátélites nucleares, evaluando la vai como su consanguinidad. A partir de esti

homogénea, oscilando en valores de 0.0 consaguinidad en las poblaciones entre 0.10 - 0.17, por otra parte la población de

Galalón presentó características genéticas únicas, tanto a nivel cloroplástico como nuclear, proponiéndose que se considere una unidad genética única (Zheng y Ennos, 1999) y (Geada, 2004 a,b).

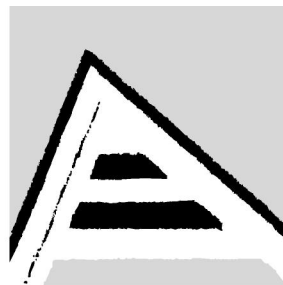
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

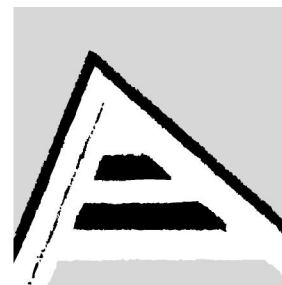
4.4 Conclusiones

- La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* altitudinal en el comportamiento de morfológicos, notándose una tendencia en las poblaciones del NE, lo que provoca la

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- La población de Galalón mostró características únicas a nivel ecofisiológico, morfológico y genético que le permiten diferenciarse de las restantes, pudiendo considerarse como una unidad distinta.





Capítulo 5. Estrategia de conservación in var. *caribaea*.

5.1 Introducción.

La diversidad biológica, su conservación e
básicos de la gestión forestal sostenible.

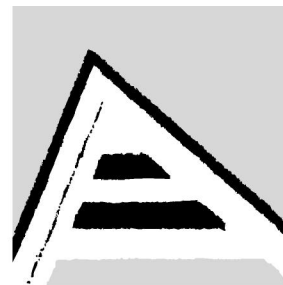
especies forestales es responsable de los
bióticos y abióticos extremos que, a su vez, aseguran la persistencia frente a los
riesgos a los que están sometidas las masas forestales (Alía *et al.*, 2003).

La necesidad de conservar los recursos genéticos ha propiciado el desarrollo de
nuevos proyectos y grupos de trabajo que tratan de establecer las metodologías a
aplicar en una gestión forestal sostenible que favorezca la conservación de los
recursos genéticos y que se convierta en un requerimiento más a cubrir en la
gestión de los ecosistemas forestales. Para ello es fundamental el establecimiento
de estrategias que apoyen el desarrollo de metodologías adecuadas y que se
establecen como el mantenimiento de la capacidad adaptativa de las especies,
mediante el mantenimiento de la estrategia reproductiva y sus niveles de
diversidad genética en el rango de existencia de la especie. Estas estrategias han
de apoyarse en aspectos legislativos, de coordinación y científicos (Alba, 2000).

Villa y Benoit (2005), plantean que como consecuencia del uso incontrolado de la
vegetación y la consiguiente transformación del paisaje natural, actualmente, en el
ámbito nacional e internacional, existen serios problemas derivados de la
importante disminución de las masas vegetales naturales, lo que guarda relación
con la extinción de especies, la erosión incontrolada, la desertificación y el
aumento de la contaminación.

Salam (1999), señala que un mejor conocimiento de los factores clave que
condicionan la conservación a largo plazo de los recursos genéticos forestales es
fundamental para el desarrollo de estrategias eficaces de conservación. Estos
elementos incluyen las fuerzas sociales, económicas y políticas, como el
crecimiento de la población, el uso del suelo, las políticas gubernamentales y las
demandas del mercado. La información sobre las actividades económicas reales y
potenciales tales como la transformación del bosque, la expansión agrícola, el

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



desarrollo de la infraestructura, la explotación, establecer las tendencias de la utilización y conocer los impactos de tales actividades genéticas de las especies elegidas, tan población, a fin de evaluar la posible erosión

Para Palmberg (2001), la conservación

incluidos los recursos genéticos forestales

valores productivos de los bosques, para mantener el estado sanitario y la vitalidad de los ecosistemas forestales, y de este modo, mantener sus funciones protectoras y ambientales.

Las principales estrategias de conservación de los recursos forestales son la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*. Ambas estrategias deben considerarse como parte integrante de los programas dirigidos a una mejor utilización de los recursos forestales y a la ordenación forestal sostenible (Palmberg, 1987).

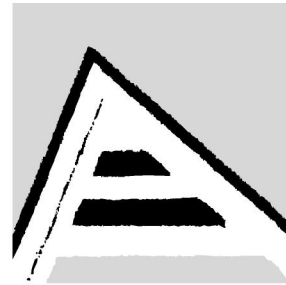
Hay un amplio espectro de presiones que amenazan el bosque ahora y en el futuro próximo. Estas presiones incidirán sobre las estrategias de conservación, puesto que el efecto del método tradicional, es decir, evitar alteraciones, se reduce ante las previsiones de incertidumbres y cambios (Ledig y Kitzmiller, 1992; Ericson *et al.*, 1993), citados por (Roger, 2002).

Alba (2000), plantea que los principios que deben ser considerados en la formulación de una estrategia de conservación genética, son los siguientes:

Para especies de árboles ampliamente distribuidas, con un eficaz mecanismo de flujo génico, parece comprobarse que la adaptación a las condiciones locales del sitio *no es perfecta*.

El volumen de áreas selectivas contiguas con frecuencias alélicas casi homogéneas parece ser bastante grande; esto implica una capacidad de resistencia genética relativamente fuerte contra los cambios de las condiciones ambientales. Suponiendo que las condiciones ambientales no cambiaran en un futuro previsible, las tareas de conservación génica aparecerían como no muy apremiantes (Alba, 2000).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



En cuanto, a las previsiones de inestabilidad demográfica, parece, sin embargo, que *los recursos genéticos podrían no ser suficientes para seguir la pauta de conservación* podría ser incluso más el caso de las especies amenazadas (eficaces de flujo génico) (Alba, 2000).

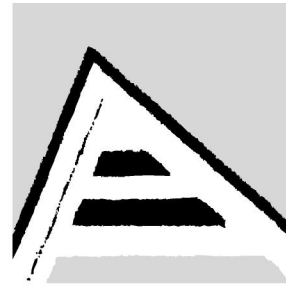
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Este mismo autor manifiesta que parte de las directrices de uso controlado de propagación de material forestal y tratamiento silvícola de las especies, ya que las medidas de conservación por sí solas serán demasiado limitadas como para poder tratar con la magnitud y complejidad del problema, plantea además que las fases clásicas en la conservación de los recursos son: el inventario, la recolección, conservación, caracterización y evaluación.

También Alía *et al.* (1999), agregan que de forma general, el desarrollo de una estrategia de conservación, debe considerar los siguientes aspectos:

- Recopilación de la información sobre la distribución, diversidad genética y pautas de variación. Análisis de la estructura genética, mediante marcadores bioquímicos y morfológicos.
- Reconocimiento del estado real de las masas, analizando los riesgos y presiones que afectan a las poblaciones, y su valor socioeconómico, ecológico y cultural actual y potencial.
- Elección de las poblaciones que es preciso salvaguardar: definición, integración y aplicación de las posibles actuaciones complementarias de conservación *in situ* y *ex situ*.
- Medidas y normas que serían convenientes para facilitar el desarrollo y aplicación de esta estrategia como parte de los programas de conservación nacional.

El desarrollo de estrategias de conservación y gestión para especies amenazadas se basa en estimaciones de la dinámica y la viabilidad de las poblaciones que se pretenden conservar. Los análisis de viabilidad poblacional proporcionan información sobre los efectos de diferentes grados de variabilidad ambiental (fluctuaciones climatológicas, presencia de polinizadores, herbívoros, y



otros) en la probabilidad media de extinción (es decir, reclutamiento, crecimiento, fecundidad) contribuyen a la tasa de crecimiento poblacional. La planificación adecuada de estrategias de conservación (Roger (2002), abordan que las acciones de conservación como componente de las estrategias de conservación y rehabilitar áreas frágiles o en estado avanzado de degradación, basadas en estudios de

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

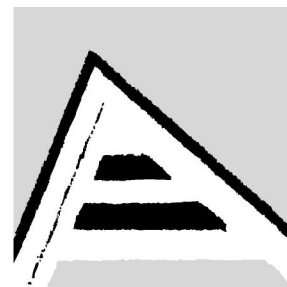
reorientaciones de los dispositivos legales y el fortalecimiento institucional en materia de recursos naturales y cuencas hidrográficas.

Los planes de conservación tendrán mayor validez cuanto más realista sean y que a su vez dependan del grado de conocimiento que se tenga del sistema que se quiere conservar (Picó, 2003).

Young y Clarke (2000), se refieren a la relación entre genética y demografía, la cual depende de cambios en el tamaño poblacional y de las tasas de consanguinidad, o los efectos de migraciones y extinciones en un contexto de metapoblaciones. A medida que aumenta el conocimiento ecológico de las especies a todos los niveles, más información de interés se puede modelizar con lo cual se incrementa notablemente el potencial de conservación.

Moritz (1998), plantea que la diversidad genética ha sido reconocida como un componente fundamental de la biodiversidad y resalta la importancia de los estudios que combinen la ecología y el genofondo de la especie, a su vez, Newton *et al.* (1999), en un estudio sobre la filogeografía molecular, variación intraespecífica y conservación de especies arbóreas, señalan que como resultado de la deforestación y sobreexplotación muchas especies de árboles recientemente se han visto afectadas, reportando 900 especies con categoría de extinción, incluidas dentro de estas más de 600 especies de coníferas. Esta preocupación ha sido un ímpetu para el estudio de la variación genética dentro de especies de árboles, por tanto la estimación de la variación genética es de importancia clave en el desarrollo de estrategias efectivas de conservación.

Moritz (2002), se refiere a los conceptos y criterios para la identificación de unidades de conservación dentro de especies teniendo en cuenta aspectos



ecológicos y genéticos. La identificación de conservación y manejo fue originalmente b taxonómicas y prácticas que continúan en e décadas las deficiencias de este acercamiento aplicación desigual de las categorías taxonómi

Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

El concepto de unidades significativas de e priorizada de unidades intraespecíficas para el manejo cautivo si son adoptados en términos más generales para distinguir segmentos de poblaciones con calidad para protección (Moritz, 1994).

Newton *et al.* (1999), revisan a Moritz (1994), y definen las siguientes categorías de conservación intraespecíficas:

USE: Las unidades significativas de evolución, son poblaciones o demos que sean monofiléticas para alelos con mtDNA (animales) o cpDNA (plantas) y que se muestre divergencia significativa de frecuencia de alelos en loci nucleares.

Aunque las USE pueden ser definidas usando variedades de caracteres, los más veraces parten de datos ecológicos y del DNA y son los análisis filogeográficos los mas relevantes (Hoeland and Hodfield, 2002).

UM: unidades de manejo, aquellas poblaciones con divergencia significativa de frecuencia de alelos nucleares y/o mtDNA, sin distinción sobre la relación filogenética entre los mismos. La definición de tales unidades puede ayudar al desarrollo de planes para la conservación y uso sostenible de las especies arbóreas (Holsinger y Gottlieb 1991; Tempelton, 2002).

Hedrick *et al.* (2001), plantean que generalmente los marcadores genéticos neutrales, tales como microsatélites loci, son más apropiados para determinar la historia distintiva de las poblaciones y por lo tanto las USE y UM. Sin embargo, la preservación de variación adaptativa es fundamental para las intenciones de conservación y comenzar a designar a la vez las USE y UM.

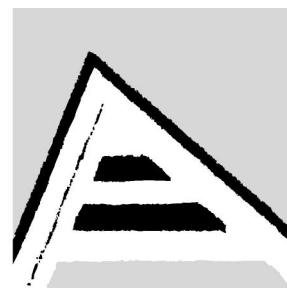
5.2 Estrategia de conservación.

5.2.1 Lineamientos generales para el d estrategias de conservación.

La definición de lineamientos generales conservación, constituye un documento instituciones involucradas en la conserv forestales en Cuba.

A continuación se definen los lineamiento en el diseño de programas de gestión y estrategias de conservación para una especie de interés forestal:

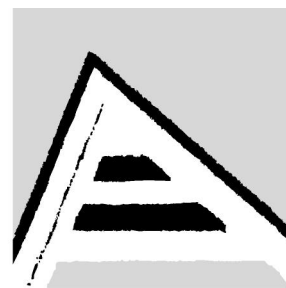
- Se debe recopilar información suficiente y eficaz sobre manejo, ordenación, conservación y utilización de la especie.
- Establecimiento de un banco de datos, donde se registre toda la información recopilada respecto a la especie.
- Se deben identificar las necesidades o prioridades específicas de conservación.
- Evaluación del estado de conservación de la especie elegida y descripción de la línea base para la conservación de la especie (características del medio, biota y aspectos socioeconómicos).
- Organización y planificación de actividades específicas de conservación.
- La estrategia debe responder a las siguientes interrogantes: qué, cómo y dónde.
- Análisis del marco legal del sector forestal en relación con la conservación de los recursos forestales.
- Antecedentes de estudios sobre evaluaciones de la variabilidad genética, ecológica y morfológica de las diferentes poblaciones de la especie.
- Selección de las posibles áreas de conservación.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Una vez identificadas las áreas de conservación de los siguientes aspectos:

- * Resumen ejecutivo.
- * Descripción del proyecto de conservación
- * Identificación y evaluación del deterioro
- * Plan de conservación y medidas adoptadas



Universitat d'Alacant

Universidad de Alicante

a-) Resumen ejecutivo

Este será un resumen ejecutivo del trabajo realizado que contendrá los datos de la entidad evaluadora y de las áreas de evaluación.

b-) Descripción del proyecto de conservación.

El objetivo principal de la descripción del proyecto de conservación es determinar las acciones del mismo, así como los impactos desde el punto de vista económico, social y ambiental.

c-) Identificación y evaluación del deterioro de las poblaciones.

A partir de la caracterización de las áreas de estudio se identifican los daños que se han generado sobre cada uno de los componentes del medio (físico, biótico y socioeconómico), así como las acciones del hombre en los ecosistemas, las afectaciones por incendios forestales, y las actividades de aprovechamiento forestal y posteriormente se procede a la evaluación de la intensidad y grado de amenaza de cada uno de los daños.

d-) Plan de conservación y medidas adoptadas.

Dentro de los programas de gestión y estrategias para la conservación de la especie se debe elaborar un plan de conservación y adoptar un conjunto de medidas. El Plan para la conservación de las especies debe contemplar objetivos y líneas de acción, además se deben identificar reservas genéticas, clasificar hábitat, identificar unidades de gestión, unidades de conservación, de manejo y significativas de evolución.

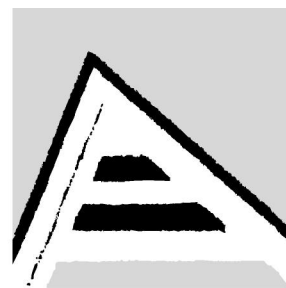
5.2.2 Marco legislativo.

El marco legislativo en correspondencia a los recursos forestales, es una necesidad vital, pues existen dificultades en cuanto a la conservación adecuada, falta de control y gestión por parte de los mismos.

Contar con un componente legal que permita el desarrollo del patrimonio forestal sobre diferentes concepciones de la sostenibilidad, es un reto de la humanidad. En el caso particular de Cuba, en material forestal, están vigentes tres instrumentos jurídicos: la Ley No. 85, Ley Forestal, aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Reglamento de la Ley y el Decreto 268, Contravenciones de las Regulaciones forestales.

La Ley perfecciona la legislación forestal del país adecuándola a las realidades y proyecciones de la nación en los albores del siglo XXI, aún así todavía queda mucho por lograr y poner en práctica en materia de legislación, debido a los problemas de deterioro y pérdidas de especies forestales por diversas razones, lo cual demuestra aún más la necesidad de fortalecer los mecanismos legislativos, en aras de lograr de la legislación forestal cubana un marco coherente, eficiente y eficaz.

Las leyes deben ser realistas y consecuentes con la política e institucionalidad forestal y fiscalizar el cumplimiento de la legislación dándole plena aplicación. En la misma es interesante lograr criterios de prevención y recuperación, con enfoques de planificación participativa para los instrumentos legales desde los niveles más inferiores hasta los superiores, debido a que en estos casos suele ser más importante la prevención que la sanción. La prevención se debe ver como el tema de conocimiento de la ley, la educación ambiental, los derechos y deberes, antes de, no después. Esta, es parte de la procuración y procurar justicia no es solo aplicar sanciones también lleva educación, por lo que se propone trabajar en la concientización y educación de todos los actores involucrados.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

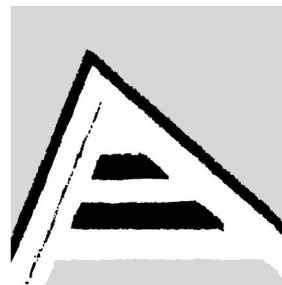
5.2.3 Diseño de la Estrategia de conser

El propósito de la Estrategia de Conservar *caribaea*, es ofrecer un marco de mantenimiento de sus poblaciones na conservación intraespecífica de este r experiencias obtenidas en la especie a di la misma se pretende fundamentar áreas reproducción, como vía para garantizar cuenta con tres etapas, una de diagnóstico, otra de evaluación, y la última de planificación.

En la etapa de planificación, se proponen dos aspectos fundamentales, uno encaminado a definir las unidades de conservación, unidades de manejo y unidades significativas de evolución. Sin embargo es de destacar que debido a las características de la especie en estudio, que cuenta con avances significativos en los programas de mejoramiento genético forestal, incluso en un segundo ciclo de generación en su fase final, donde están representados genotipos de especial valor, se hace necesario la definición de una nueva categoría para calificar estas áreas de mejoramiento genético, denominándose unidades especiales de conservación (**UEC**). Las mismas se definen como:

UEC: Áreas donde se realizan actividades operativas de mejora genética (pruebas de procedencia, progenie, bancos clonales y huertos semilleros), que cumplen con requerimientos de la conservación *ex situ* de genotipos superiores, y que en ellas se concentre gran parte de la variabilidad genética de la especie.

El otro aspecto de planificación incluido en la estrategia está dirigido a la propuesta de realizar cortas uniformes en todos los rodales donde las empresas han planificado tala rasa, con el objetivo de propiciar la regeneración natural, como vía factible para garantizar la conservación *in situ*.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

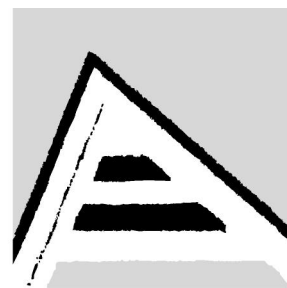
Las poblaciones de estudio se definen en la

USE: Galalón.

UC: Sabanalamar y La Güira,

UM: Cajalbana, Marbajita, Viñales, La Jagu
y 103).

UEC: Malas Aguas, Martinitas (Huertos s
(Banco clonal) y los ensayos de procedenci



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

En cada una de las categorías definidas se proponen las siguientes actividades silviculturales:

UC: Se permiten talas selectivas, actividades de mantenimiento, enriquecimiento y plantación con material endógeno.

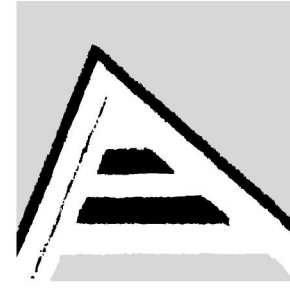
UM: Es permisible cualquier actividad silvicultural y la transferencia de germoplasma.

USE: Solamente son admisibles mantenimientos silvícolas.

UEC: Se admiten actividades de mantenimiento y tratamientos silviculturales.

En la Figura 44, se ilustra el diseño para el desarr/ollo de la estrategia de conservación para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Es válido señalar que a pesar de estudiar la conservación a un nivel tan pequeño (intraespecífico) algunas de las áreas/o poblaciones propuestas dentro de las categorías de conservación de la especie se encuentran a su vez, bajo alguna categoría de conservación, a un nivel superior, reguladas y descritas por el CITMA.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

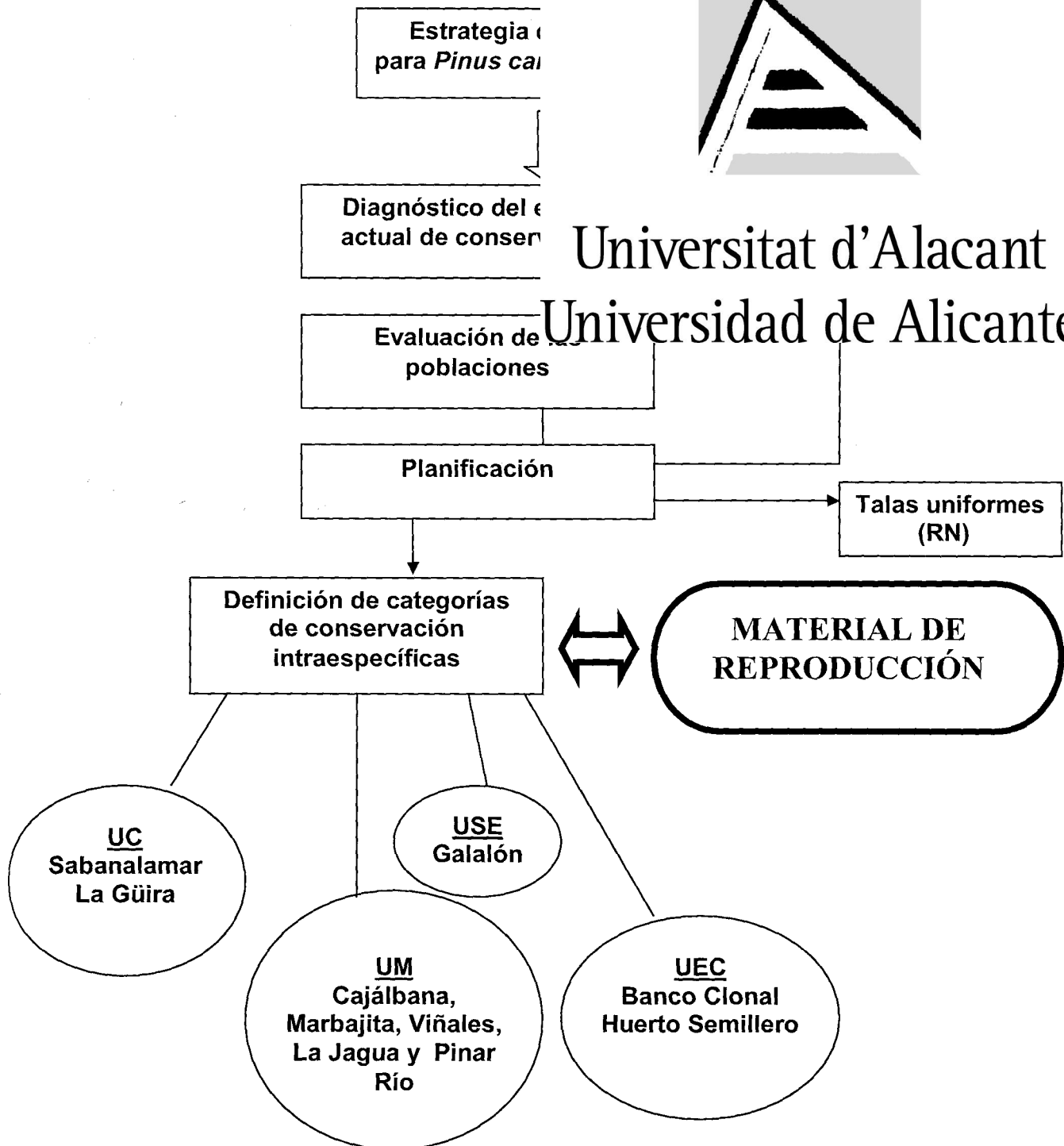
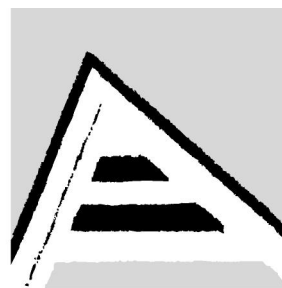


Figura 44. Algoritmo de trabajo para el desarrollo de la estrategia de conservación intraespecífica en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

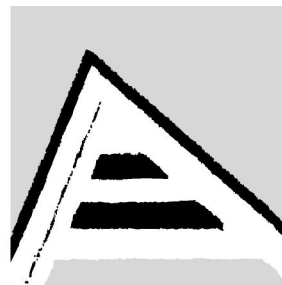
A continuación se propone un plan de medic
especie:

- Divulgación de las áreas de may
genofondo.
- Fortalecer el papel y la capac
responsables de la toma de dec
función de la conservación.
- Fortalecer el marco político/l
aprovechamiento maderero, directrices de aprovechamiento
maderero de impacto reducido, los criterios e indicadores para el
manejo forestal sostenido así como criterios de conservación.
- Lograr una mejor inclusión en la ordenación de la planificación
forestal de aspectos como: la identificación de los recursos
genéticos existentes en el bosque, información básica sobre las
áreas de conservación, su localización, extensión, límites,
mapificación y estado actual de recursos.
- Lograr un equilibrio entre la conservación *in situ*, la ordenación
forestal sostenible, la ordenación de áreas protegidas y también una
fuerte complementación entre la conservación *in situ* y *ex situ*.
- Evaluar el impacto potencial de las amenazas externas, humanas y
ambientales, sobre el bosque y sus recursos genéticos.
- Garantizar la regeneración natural en los rodales que muestren
buena producción de semillas, antes de ser aprovechado.
- Asegurar los manejos silviculturales a cada categoría intraespecífica
de conservación.



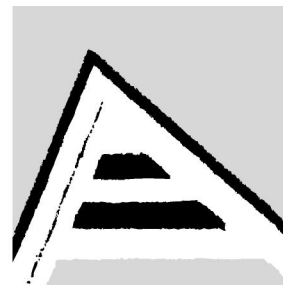
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Conclusiones Generales



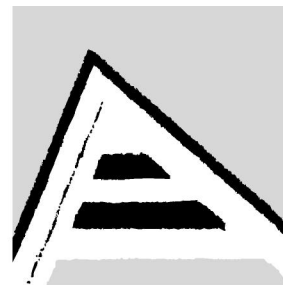
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- Las poblaciones naturales de *Pinus* afectadas fundamentalmente por el forestales y el aprovechamiento for amenaza hasta riesgo reducido, y en de riesgo.
- Los atributos ecofisiológicos en la especie están fuertemente influenciados por las condiciones edáficas asociado a sus características morfológicas.
- La variabilidad morfológica de la especie es muy amplia, con una tendencia a ser más variables en las poblaciones del NE, comportándose de manera similar la variación genética.
- Se muestra una divergencia hacia dos grupos dentro de la especie (NO y NE), mostrando la población de Galalón características únicas.
- Se definen las poblaciones de Sabanalamar y La Güira como unidades de conservación, Galalón como unidades significativas de evolución, Cajálbana, Marbajita, La Jagua y Viñales unidades de manejo y una nueva categoría (unidades especiales de conservación) relacionada con los programa de mejoramiento genético en la especie.



Bibliografía

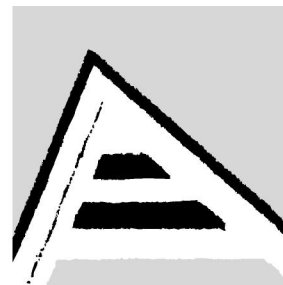
- About, A y Sandi, S. 1983. Effect combination with root pruning on root food reserves of *Pinus caribaea* var. Soil 71. p 123-129.
- Acosta, M. 2005. Comunicación p. 1. Universitat d'Alacant
Protegidas. Delegación Territorial del C. Universidad de Alicante
- Aicher, C. 2002. El conocimiento técnico y la política forestal en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. Editorial Extensión Rural. Universidad de Los Ángeles. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. p 13.
- Alcolado, P.; Martínez, M.; Cabrera, M. 2003. Comité de Oceanología Nacional. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/macuba/concientifico.htm>.
(Consultado 14 de Abril, 2005)
- Alía, R; Galera, R. y Martín, S. 1999. Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares españoles. Monografías INIA: Forestal No.1. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 239 p.
- Alía, R.; Agúndez, D.; Alba, N.; Santiago, C.; Martínez, G y Soto, A. 2003. Variabilidad genética y gestión forestal. Año XII. No. 3. Centro de Investigación Forestal. Madrid, España. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion5.htm>.
- Alba, R. 2000. Conservación de los recursos genéticos del género *Populus* en España. Sistemas de recursos genéticos forestales. Fuera de serie No. 2. INIA. p 24. Disponible en: <http://www.fao.org/inia/004/y3582s/y3582s06.html>. (Consultado 12 de Mayo, 2004).
- Alvarado, V.M. y Solano. 2002. Medio o sustrato en la producción de vivero o plantas. Manual de producción de sustrato para vivero. Costa Rica. 51 p.
- Álvarez, B. A. 1987. Alternativas para el mejoramiento genético de los rendimientos de resina en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Revista



Forestal Baracoa. Vol. 17. No. 1. Ed
Habana, Cuba. p 60.

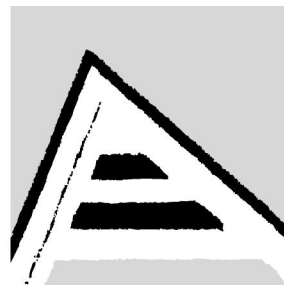
- Álvarez, O.P.A y Varona, J.C.T. 1988. Educación. Ciudad de La Habana, Cuba
- Álvarez, B.A. 1992. Definición de los rec
interés productivo que deben ser objeto
final. Etapa 002.16.01. PCT. Biotecnol
Forestales. 30 p.
- Álvarez, R. A. 1995. Estadística Multivariada y no paramétrica con
SPSS. Ediciones Díaz De Santos, S.A. Juan Bravo, Madrid, España.
28006 p.
- Álvarez, B. A. 1998. Genética Forestal. Texto preparado para la maestría
en Ciencias Forestales. Opción: Silvicultura. Universidad de Pinar del
Río. Facultad Agroforestal. Ciudad de La Habana, Cuba. 156 p.
- Álvarez, B. A. 2002. Informe de país sobre conservación y utilización
sostenible de los recursos genéticos de bosques y árboles forestales.
IIF. CATIG. Cuba.
- Ansorena, M. 1994. Sustrato, propiedades y características. Ediciones
Mundiprensa. España. 172 p.
- Ares R, A.E. 1999. Tablas dasométricas, Propuestas de categoría y
valoración de alternativas de manejo para los pinares naturales de la EFI
La Palma. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias
Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Baena, M.; Larillo, S y Montoya, J.E. 2003. Material de apoyo a la
capacitación en Conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas
protegidas y fincas. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos
(IPGRI). Material producido con el apoyo del Instituto Nacional de
Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentación de España (INIA). p
20.
- Báez, R. y Diago, J. 1998. El patrimonio forestal en Cuba. Su
importancia económica, ecológica y social. **Revista Cuba Forestal**. Vol.
1 (0) Publicación del sector forestal del Ministerio de la Agricultura. p 17-
23.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



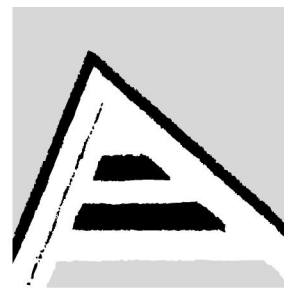
- Ballester, M. M. 1998. Conceptos Geográficos y Ambientales de la Península de
José, Costa Rica. (Documento inédito, v
- Betancourt, B.A. 1966. Algunos estudios sobre la distribución y el crecimiento de
Pinus caribaea Morelet en Cuba. Actas del Simposio sobre la Silvicultura de
Madrid. Vol. 2. p 1590-1599.
- Betancourt, B.A. 1987. Silvicultura Especial de Árboles Maderables
Tropicales. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana. 427 p.
- Betancourt, B.A. 1999. Silvicultura Especial de Árboles Maderables
Tropicales. Nueva edición. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La
Habana. Cuba. 427 p.
- Betancourt, F.I y Villalba, M.J. 2004. La Formación de los Recursos
Humanos Forestales en Cuba. Revista Forestal Baracoa. Vol. 1 (1).
Número Especial en Saludo al III Congreso Forestal de Cuba. Instituto
de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 15.
- Berazaín, R; Areces, F; Lazcano, L; González, L.R. 2005. Lista Roja de
la Flora Vascular Cubana. Documentos del Jardín Botánico (Gijón) 4: 1-
86.
- Bequette, F. 1998. Amazonia; la llamada de la selva. Revista El correo
de la UNESCO.
- Bosch, D.; Camacho, E. y Ruiz, J. 1980. Nuevo tipo y género de suelo
Ferralsolítico Cubano. Agr. 7. p 65-74.
- Borhidí, A. O. 1996. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba.
Akademiai Kiado. Budapesti. 858 p.
- Brito, C. E. B. 2000. Términos y definiciones. Grupo de vigilancia y
protección del patrimonio forestal, la fauna silvestre y otros recursos
naturales. Jefatura Nacional del Cuerpo de Guardabosques. Ministerio
del Interior. (Inédito).
- Byran, T.D; Lowe, W.J Y Gooding, G.D. 2000. Programa de mejora
genética de árboles forestales del golfo occidental. Plan de conservación
genética del *Pinus taeda*. Revista Recursos genéticos forestales. No.
27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la
Alimentación (FAO). Roma, Italia. p 61.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



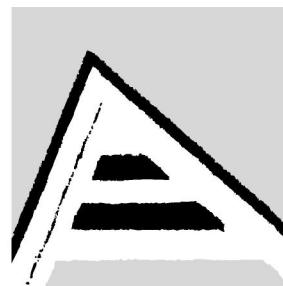
Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

- Burley, J. 1993. Balance between dev
In: Proceeding of internacional Symp
production of tropical Forest tree. Tha
- Butcher, P.A.; Glaubitz, J.C.; Morar
marcadores microsatélites en la c
árboles forestales. Revista Recurs
Organización de las Naciones U
Alimentación. Roma, Italia. p 38.
- Cairo, P. y O. Fundora. 2002. Edafología. Editorial Pueblo y Educación.
Tercera Edición. Ciudad de La Habana, Cuba. 476 p.
- Calero, A. 1976. Técnicas de muestreo. Estadística. Editorial Pueblo y
educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 184 p.
- Carey, C.; N. Dudley and S. Stolton. 2000. Squandering Paradise? The
Importance and Vulnerability of the Wold is Protected Areas. WWF
Forests for Life Program, Switzerland.
- Caswell, H. 2001. Matriz population models. Sinauer Associates, Inc.,
Sunderland Massachussets. Disponible en : [http://www.
Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm](http://www.Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm). (Consultado 24 de
Febrero, 2006).
- CITMA. 1997. Estrategia Nacional Ambiental. Agencia de Medio
Ambiente. CIGEA. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.
La Habana, República de Cuba. 36 p.
- CITMA. 1997. Ley de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia Tecnología
y Medio Ambiente. Ed. Dirección de Política Ambiental. Ciudad de La
Habana, Cuba. 55 p.
- CITMA-CIGEA. 1998. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la
Desertificación y la Sequía en la República de Cuba (material
mecanografiado).
- CITMA. 2004. Sistema de Áreas Protegidas de Cuba. Ministerio de
Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo
(CNUMAD). 1992. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y
Desarrollo. Nueva Cork. EEUU. Naciones Unidas.



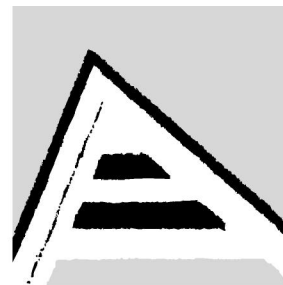
Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

- Constitución de la República de Cuba. Política. Ciudad de La Habana, Cuba. 1992.
- Convenio sobre Diversidad Biológica. Convention on Biological Diversity. L. 1992. Virginia, EEUU. Earthscan Publications.
- Colectivo de autores. 2003. Cursos de conservación del patrimonio natural. Academia. Cuba.
- Cruz, M. C. 2002. Nuestro quehacer por un desarrollo local sustentable. Revista Se puede vivir en ECOPOLIS. Año 6. N° 6. p 15.
- Del Risco, E. y Samek, V. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sin ecológico. Editorial Academia. La Habana, Cuba. 13-25 p.
- Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su importancia histórica y característica. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. p 17.
- Del Risco, E. 2000. Tipología de Bosques. Documentos preparados para curso de Tipología de Bosques en la Maestría en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). p 7.
- Díaz, D. J.A. 2004. Situación Ambiental Pinar del Río 2003. Agencia de Medio Ambiente. 30 p.
- Díaz, D.J.A. 2006. La dimensión ambiental en la seguridad nacional. Conferencia magistral. IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río. ISBN 959-16-0408-4. Pinar del Río. Cuba.
- Dobler, G. y Torres, J.G. 1995. descripción de las especies maderables. Investigación y manejo de especies de uso común en la Sierra. Una guía técnica. República Dominicana. p 97-100.
- Domínguez, S.; Murias, G.; Herrero, N y Peñuelas, J.L. 2001. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. Junta de Andalucía S.E.C.F (eds), Actas del III Congreso Forestal de España Sierra Nevada, II. Corias Gráficas. Sevilla. p 75-871.



- Dudley, N. and S. Stolton. 1999. 1 research report from the IUCN and Forest Conservation and Sustainable
- Dvorak, W.S; Pérez, J.A.; Mápula, conservación del *Pinus jaliscan* **forestales**. No. 26. Organización Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Eldrige, K. 1973. Progeny testing of the IUFRO Stockholm. 385-395 p.
- Enciclopedia interactiva. 2000. Ecología Editorial Océano. Barcelona. España. p 1442-1462.
- Escarré, A. y Equipo Oikos-Santillana-S.A. 1997. Madrid, España.
- Escarré, A. 2003. Un sistema abierto para medir fotosíntesis y transpiración El LI-6400. Documento preparado para el Curso de Biogeoquímica para estudiantes del Doctorado Académico Universidad de Alicante/Universidad de Pinar del Río. (Documento inédito). Cuba.
- FAO. 1995. Conservación de los recursos genéticos forestales en la ordenación de los bosques. Principios y conceptos. Estudio FAO Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 3.
- FAO. 1999. Hacia una tensión armonizadora de los productos forestales no maderables. *Unasylva* 50 (198). p 63-64.
- FAO. 2000. Conservation of genetic resources of *Pinus merKussi* in Thailand. Technical Note No. 58. October 2000. Danida Forest Seed Centre, Humlobrek, Denmark. Roma, Italia. p 5.
- FAO. 2001a. Evaluaciones Nacionales sobre el estado de los recursos genéticos forestales y preparación de Talleres Regionales para su conservación y utilización sostenible. América Central y Sur de México. Borrador de Directrices Técnicas. p 9.
- FAO. 2001b. Taller Regional sobre Conservación, Ordenación y utilización Sostenible de los Recursos Genéticos de Bosques y Árboles. Guía para la Elaboración de los Informes Nacionales. p 7.

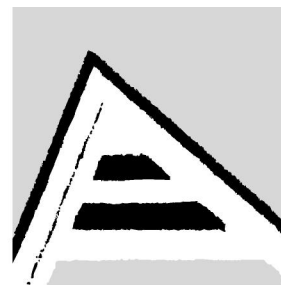
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



- FAO. 2002. Información sobre el forestales. Situación de los bosques Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas.
- FAO. 2003. Ordenación, conservación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas. Alimentación de las Naciones Unidas.
- FAO. 2006. Tendencias y perspectivas en América Latina y el Caribe. Estudio FAO (148).
- Febles, G. m. 2000. Gestión de los recursos naturales en función del medio ambiente. Segunda Edición. Universidad Agraria de La Habana. Ciudad de La Habana, Cuba. 147 p.
- Fernández, P. y Esquivel, J.L. Naturaleza de las Islas canarias. Editorial: Turquesa. Santa Cruz, Tenerife. Año. 2001. Disponible en: http://www.ul.es/investigación/pdf/31p_cig.pdf. (Consultado 20 de Noviembre, 2005).
- Forest Genetic Resource Working. Group. 1991. Managing global genetic resources: forest trees. Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives, Subcommittee on Managing Plant Genetic Resources, Forest Genetic Resources Working Group: Board on Agriculture, National Academy Press, Washington, D.C. 228 p.
- Forset, I.N and Norman, J.M. 1991. Modeling of solar irradiance, leaf energy budget and Canopy photosynthesis in: Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A field and Laboratory Manual D.O Mall, J.M.O. Scurlock, H. Bolhar, R.C Jeegood, S.P. Long (eds) London in Press.
- Fraguera, M. J.R; M. Franco, S.; J.M. Morejón, M. e I. Castillo, M. 1986. Prácticas de suelo para la especialidad de producción vegetal. Centro Universitario de Pinar del Río, Facultad de Agronomía, Dpto de Suelos y Ecología, Pinar del Río, Cuba. 97 p.
- Freund, J. E. 1960. Estadística elemental moderna. Segunda edición. Universidad del Estado de Arizona. 466 p.
- Furnier, G.R. 2004. Métodos para medir variación genética en las plantas. Manejo de Recursos genéticos Forestales. Documentos

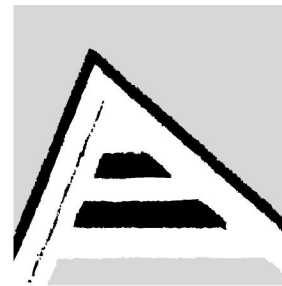
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

presentados en el segundo Seminario Técnico de Genéticos Forestales realizado los días 15-17 de mayo de 2001 en la Universidad Autónoma de Chapingo, Pinar del Río. *Revista Nacional Forestal*. p 21-24.



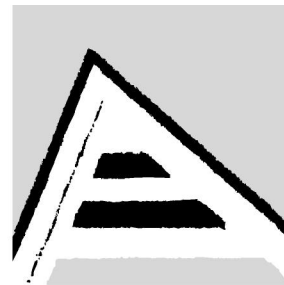
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- García, Q. Y. 2001. Análisis de la variación genética combinadas de procedencias/progenies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* para el título académico de Master en Ciencias Forestales. Universidad del Río. Cuba.
- García, Q.Y; Decoro, M.N; Álvarez, B.A y Pérez, S.M. 2004. Selección de genotipos superiores para la conservación y mejoramiento genético de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Memorias del Congreso Forestal de Cuba. 2004. 959-246-119-8. Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- García, Q.Y, Álvarez, B.A y Pérez, S.M. 2006. Análisis del efecto y calidad de las procedencias para la conservación y mejoramiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el ambiente de Viñales. Memorias del IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río. ISBN 959-16-0408-4. Pinar del Río, Cuba.
- Geada L.G., Kamiya K. and Harada K. 2002. Phylogenetic relationships of *Diploxylon* pines (subgenus *Pinus*) based on plastid sequence data. *International Journal of Plant Science*. **163**(5):737-747.
- Geada, L.G. 2003. Phylogenetic Relationships of *Diploxylon* Pines, Genetic Variation of *Pinus tropicalis* and the Cuban Pines. Tesis en opción al grado científico de PhD. Forest Resource Biology. Universidad de Ehime, Japón.
- Geada, L.G. 2004 a. Genetic variation using molecular markers at nuclear and chloroplast DNA in *Pinus caribaea* Morelet for its conservation. In: V Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología Agrícola (REDBIO) Red Latinoamericana de Biotecnología Agrícola. REDBIO, pp500-505.



- Geada, L.G. 2004 b. Conservation gen of tree species. *Elfos Scientiae*. **35**(4):4
- Geada, L.G. 2006. Variabilidad y cons marcadores en poblaciones naturales IV Simposio Internacional sobre Mar Forestales. ISBN 959-16-0408-4. Pinar
- Gil, L. 2003. Conservación de los Documento preparado para curso de utilización sostenible de los recursos genéticos forestales. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- González, I.E. 1974. Estudio ecológico del *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. Exámen de Premínimo. Universidad de La Habana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 68 p.
- González, A; A. Mercadet y F. Moreno. 1983. Comportamiento de diferentes orígenes geogáficos. **Revista Forestal Baracoa**. Vol. 5 No. 2. CIDA. Ciudad de La Habana. 18 p.
- González, A y Pérez, M.H. 1983. Comportamiento de progenies de polinización libre 7y controlada de un huerto semillero de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *Revista Forestal Baracoa*. Vol. 13 No. 1. Ediciones Cubana. Ciudad de La Habana, Cuba. p 9.
- Gra, H. R. 1995a. Influencia del marco de plantación sobre el crecimiento en diámetro en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IIF. Ciudad de la Habana. Inédito.
- Gra, H. R. 1995b. Influencia del marco de plantación sobre el crecimiento en altura en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IIF. Ciudad de la Habana. Inédito.
- Gutiérrez, B. 2003. Enfoque cooperativo para el mejoramiento genético y la conservación de los recursos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Investigación agraria. Sistema y recursos forestales*. Vol. 12 No. 3. Edición on line. p 113.

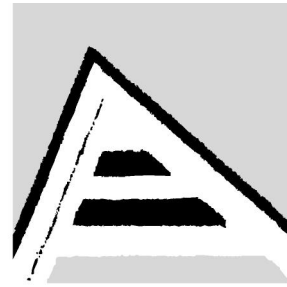
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



- Hamrick, J.L.; Gogt, M.J. AND Broy
levels of genetic diversity in woody pla
124.
- Halffter, G. 2001. Manual para la e
reservas de la Biosfera.Manuales y T
España. 77 p.

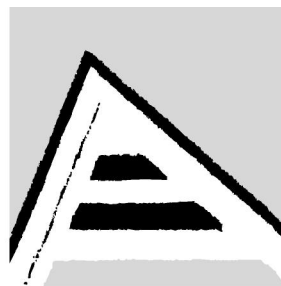
Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

- Hechevarria, K.O. 2005. ¿Cómo cor
forestales?. Revista Agricultura Orgán
- Hedrick, P.W; Parker, K.M and Lee, R.N. 2001. Using microsatélite and
MHC variation to identify species, ESUs, and MUs in the endangered
Sonoran topminnow. Molecular Ecology 10. p 1399-1412.
- Hernández, A.J; Ascanio M.O; Carrera R.A; Morales D.M; Medina B.N.
2002. Nuevos aportes a la clasificación de suelos en el ámbito nacional
e internacional. Correlación de la nueva versión de clasificación genética
de los suelos de Cuba con World Referente Base. Instituto Nacional de
Ciencias Agrícolas. INCA, MES. Cuba.
- Hernández. A, y Morales. M, 2003. Cambios globales en los suelos.
Nuevo paradigma en la Agricultura y la pedología en Cuba. Conferencia.
Maestría de Ciencias del suelo. UNAH. La Habana, Cuba.
- Hernández. A. 2003. Fundamentos de Geografía del Suelo. Conferencia.
Maestría de Ciencias del suelo. UNAH. La Habana, Cuba.
- Hernández, G.L. 2005. Introducción a la Ecofisiología vegetal. Libro de
Botánica On line. Material didáctico elaborado por Dpto de Botánica.
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los
Andes. Mérida, Venezuela. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/-rubenhq>. (Consultado 15 de Enero, 2006)
- Herrero, J.A. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta
el año 2020. **Revista Forestal Baracoa**. Número Especial en saludo al
III Congreso Forestal de Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales.
Ciudad de La Habana, Cuba. p 3.
- Herrero, J. A. 2006. El Sector Forestal en Cuba. Actualidad y
Perpectivas. Conferencia magistral. IV Simposio Internacional sobre



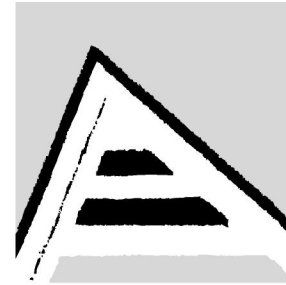
Manejo Sostenible de los Recursos f
Río, Pinar del Río. Cuba.

- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad gené
vegetales. Boletín Técnico. IPGRI. N
- Hoeland, B.S. and Hodfield, M.G
phylogeography and conservation g
tree snail *Achatinella mustetina*. Mole
- Holsinger, K.E and Gottlieb, L.D. **Universitat d'Alacant**
Universidad de Alicante
endangered plants: principles and prospects, in genetic and conservation
of rare plants (Folk, DA AND Holsinger, K.E, eds.). Oxford University
Press. p 195-223.
- IPGRI. 2003. Conservación *in situ* de la Diversidad vegetal. Instituto
Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Jaula B., J. A. 2002. Algunos problemas sociales de la protección del
medio ambiente frente al reto del desarrollo sustentable. Documento
preparado para cursos de postgrados. Universidad de Pinar del Río.
Pinar del Río, Cuba.
- Johnsen, K.H and Seiler, J.R. 1996. Growth, shoot phenology and
physiology of diverse seed sorces of black spruce: I. Seedling responses
to varied atmospheric CO₂ concentrations and photoperiod *Tree Physiol.*
16. p 367-373.
- Johnsen, K.H y Major, J.E. 2004. Técnicas ecofisiológicas en la
evaluación de germoplasma. Manejo de Recursos genéticos forestales.
Documentos presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo
de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de
1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición.
Comisión Nacional Forestal. p 159.
- Kanashiro, M. y Thompson, I.S. 2002. Valores de la conservación y
gestión forestal: El Proyecto Dendrogene en la Amozonía Brasileña.
EMBRAPA. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias
Forestales. Unasyiva. No. 209. Vol. 53. FAO. Disponible en: [http://](http://www.fao.org/docrep/004/y3582s/y3582s06.htmlhp1)
www.fao.org/docrep/004/y3582s/y3582s06.htmlhp1 O. (Consultado
20 de Mayo, 2004).



- Kemp, R.H. 2005. Conservación de de bosques tropicales. Depósito de en: <http://www.fao.org/docrep/t> 12 de Enero, 2005).
- Krutovskii, K y Neale, D. 200 conservación de la diversidad gen genéticos forestales. No. 29. Or Agricultura y la Alimentación. Roma
- Kremer, A. 2002. Divesité génétique et variabilité caracteres phenotypiques chez les arbres foretiers. Genetic selec. Evol. 26: 1: p 105 - 123.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Cooperación Técnica. República Federal de Alemania. 335 p.
- Leal, G. C. 2000. Ciencia de la conservación en América Latina. Revista Interciencia. Vol. 25. No.3. p 129-132.
- Ledig, T.F. 1986. Conservation strategies for forest gene resources. For. Ecol. Manage. 14. p 77-90.
- Ledig, T.F. 2004. Conservación y manejo de Recursos genéticos Forestales. Manejo de Recursos genéticos forestales. Documentos presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de 1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal. p 3.
- León, C.J. 2002. Nuevas perspectivas para el uso del agua y la gestión de los recursos vegetales en la cuenca del Río Cuyaguaje. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
- Leyva, A. 2001. Mesa Redonda Informativa sobre Medio Ambiente y Biodiversidad.
- Li, P.J y Bousquet, J. 1992. Genetic diversity in Canadian hardwood: implications for conservation. For. Chron. 68. p 709-719.

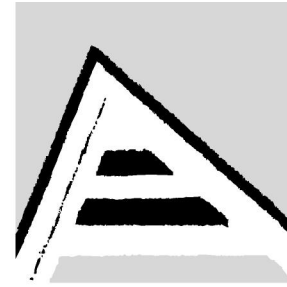
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



- Little, E. JR; K.W, Dorman. 1974. Slash pine: nomenclature and classification. Southeastern Forest Exp. Sta. p 1-10.
- Lobo, J.M. 2001. Métodos para medir la diversidad genética. Tesis. SEA. Volumen 1. Zaragoza, Esp
- López, A. 1978. Valor taxonómico del género *Pinus* en los pinos cubanos. Revista Científica de la Habana. La Habana, Cuba. p 51.

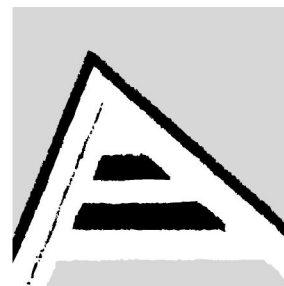
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- López, A. 1979. Algunas características epidérmicas de las agujas en los taxones endémicos cubanos del género *Pinus* (Coniferales: Pinacea). Revista Ciencias Biológicas. No. 3. Ciudad de La Habana, Cuba. p 70.
- López, A. 1982. Variabilidad del género *Pinus*: Coniferales, Pinacea. Acta Botánica. Academia de Ciencias de Cuba. Ciudad de La Habana, Cuba. p 3-43.
- Louman, B; Quirós, D y Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Lozet J. y Mathieu, C. 1986. Dictionnaire de Science du Sol. Ed. Lavoisier. 269 p.
- Machado, C.G. 2002. Diseño de Inventario Forestal continuo para la ordenación sostenible de los bosques pluvisilvas de montaña en Guantánamo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Mapa de suelos. 1983. II Clasificación genética de los suelos. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Cuba.
- Marrero, A; Renda, A. y Calzadilla, E. 1998. Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet en diferentes tipos de suelos. Revista Cuba Forestal. Vol. 1 No. 0. p 39-40.
- Mayedo, B.S. 2006. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Pinar del Río. Dpto Forestal.



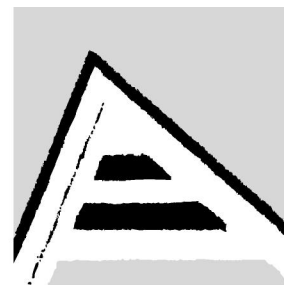
- Matheson, A.c.; Spencer, D.J.; Nyaki
for properties in radiata pine. Genetic
Bulletin No. 203. 58 p.
- Medina, M. 2006a. Principales atributos
análisis de calidad de las plantas.
Diplomado de Reforestación. Universitat
Río, Cuba. (Documento inédito). p 2.
- Medina, M. 2006b. El agua y el
vegetales. Documento preparado para el Diplomado de Reforestación.
Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito).
p 2.
- Meng, F. And P.A. Arp. 1993. Net photosynthesis and stomatal
conductance of red spruce twigs before and after swing detachment.
Can. J. For. Res. 23: p 716-721.
- Mercadet, A.; Sotolongo, P.; Echevarria, P.; Hidalgo, E.; Rodriguez, E.;
Martínez, J.A.; Suárez, E. 1990. Estudio de procedencias de *Pinus*
caribaea III. Evaluación de los potenciales productivos de 6 sitios y 13
orígenes geográficos. Boletín Técnico Forestal. No.2. Publicación
Semestral del Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La
Habana, Cuba. p 2.
- Mercadet, A.; Marquetti, J.R; Álvarez, A; Pérez, M.H; Echevarria, P.;
Hidalgo, E.; Ortiz, O; Rodríguez, E.; Romeo, P.; Ávila, B.; Parada, D.;
Yero, L.; Sotolongo, P.; Martínez, E.; Marisma, H.; González, A.;
Echevarria, O.; Hernández, A. y Paredes, L. 2001. Introducción de
especies y procedencias en Cuba: Resultados y proyecciones de
investigación en la. Recursos genéticos forestales. No. 29. FAO.
Roma, Italia. 4 p.
- MINAGRI. 1981. Normas ramal. Suelos, Análisis químicos. Reglas
generales, Dirección de Normalización, Metrología y control de calidad.
53 p.
- MINAGRI. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos
y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial Científico Técnico.
Ciudad de la Habana, Cuba. 133 p.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



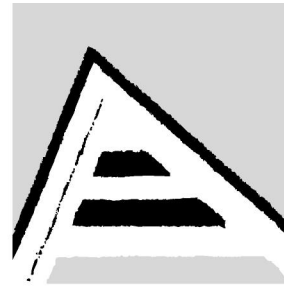
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- MINAGRI. 1984. Suelos de la provincia de Pinar del Río. Centro Científico Técnico. Ciudad de La Habana.
- MINAGRI. 2006. Dirección de Recursos Forestales. Suelos de la Agricultura en Pinar del Río. Pinar del Río.
- Montenegro, G.; Segura, B. y Mujica, J. 1998. Caracterización de especies arbustivas. An. Mus. Hist. Nat. 100 (1): 1-10.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la humedad del suelo. SEA. Volumen 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Morteit J.L and Unsworth, M.H. 1990. Principles of Enviromental Physic. 2 nd. Edn. Edward Arnold London.
- Moritz, C. 1994. Applications of mitochondrial DNA analysis in conservation a critical review. Molecular Ecology 3. p 401-411.
- Moritz, C. 1998. Comparative phylogeograph and identification of genetically divergent areas for conservation. Molecular Ecology 7. p 419-429.
- Moritz, C. 2002. Stategies for Protect Biological Diversity and the Evolutionary Processes that Sustain It. Systematic Biology 51 (2). P 238-254.
- Newton, A.C; All Nutt TP; Pilles ACM; Lowe AJ and Ennos RA. 1999. Molecular phylogeography , intraespecific variation and conservation of tree species. Trends in Ecology and Evolution 14 (4). p 140-145.
- Obregón, A. y Morleno, F. 1991. Características de los suelos de las Alturas de Pizarras, Pinar del Río. Primer Taller Científico sobre el desarrollo integral de las montañas y la utilización de los recursos forestales. Resúmenes. Pinar del Río. 7 p.
- Oliet, P.J. 2001. Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Cordova, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p.
- Orellana, R. y Escanilla. J.A. 1991. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. CICY. 250 p.
- Ordieres B., L. 2003. Editorial. Transporte desarrollo y medio ambiente. Vol. 23. N° 1.



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

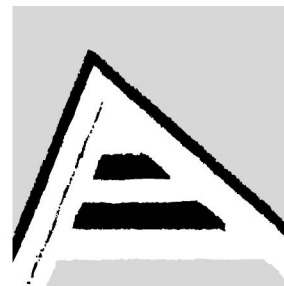
- OIMT. 2006. Estado de la ordenación Informe de síntesis. **Revista Actual** Edición especial. OIMT. p 4.
- Palmberg, L.C y Hald, S. 2000. La orde forestales. Situación y desafíos. Revis 203. p 27-33.
- Palmberg, L.C. 2001. conservación de los recursos genéticos forestales. forestales. No. 29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 25.
- Parra, E.; Becerril, E.; López, C. 1990. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos de manzano Goleen delicious injertado sobre portainjertos clonales. Disponible en: **http://www.bioline.org.br/reques?at02053**. (Consultado 14 de Mayo, 2006).
- Pérez, S. M. 1990. Estudio de descendencias de *Pinus caribaea* en la localidad Marbajita, Pinar del Río. **Revista Forestal Baracoa**. Vol. 2. No. 2. CIDA. Ciudad de La Habana. p 43.
- Pérez, S. M. 1997. Perfeccionamiento de los programas de mejora genética de las principales especies forestales para mejorar los suministros de semilla de calidad superior para los planes de reforestación. Informe final del proyecto. 3 p.
- Pérez, S.M; A. González y P. Echevarria. 2000. Avances en la mejora genética de *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* Barret y Golfari, en la República de Cuba. Segundo Simposio sobre Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias. Santo Domingo, República Dominicana. 18-22 Octubre, 1999. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 101 p.
- Picó, F.X. 2003. Desarrollo, análisis e interpretación de los modelos demográficos matriciales para la Biología de la Conservación. Revista Científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Año XI, No.3. Disponible en:



<http://www.Aeet.org/ecosistemas/023>,
(Consultado 16 de Febrero, 2006.)

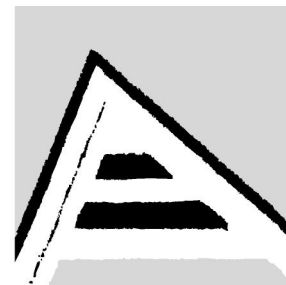
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F. y Real, F. Investigación y Educación en D Interamericano de cooperación para I Rica. 586 p.
- Renda, S. A; Herrero, J.A y Plasencia, F. Revista Forestal Baracoa. Número Es Forestal de Cuba. Vol. 1 (1). Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 51.
- Rogers, D. 2002. Models off genetic conservation plans. In situ genetic conservation of Monterey pine (*Pinus radiata* Don): Information and recommendations. Published by Genetic Resources Conservation Program. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Report No. 26.
- Sáenz, G. y Finegan, B. 2000. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. Manejo forestal tropical. No. 15. 8 p.
- Samek, V. 1967. Panorama general sobre la silvicultura de los pinares de Cuba. Revista Agricultura. Academia de Ciencias de Cuba. p 89-98.
- Samek, V. y Del Risco, E. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio ginecológico. Editorial Academia. ACC. 13-19 p.
- Salam, Q.A. 1999. Estado de los Recursos genéticos forestales en la zona de Sahel y e el norte de Sudán de África. Revista Recursos Genéticos Forestales. No. 27. FAO. Roma, Italia. p 30.
- Saquete, A y Lledó, M.J. 2005. Seguimiento de variables ecofisiológicas en plantaciones de *Pinus halapensis* Millar, en un ciclo de secado. ¿Puede encontrarse diferente comportamiento en plántones producidos con diferentes substratos?. Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y suelos forestales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. No. 20. p 135-140.
- Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. Dinámica Forestal. 2005. Delegación Territorial del Ministerio de la Agricultura. Pinar del Río, Cuba.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



- Servicio Estatal Forestal. 1999. Las contravenciones. Dirección Forestal. Ministerio de La Habana, Cuba. 93 p.
- Scherr, S., White, A., Khare, A. 2000. Revista Actualidad Forestal Tropical Internacional de Maderas Tropicales. Año 9 No. 3. p 9.
- Soekotjo, C.H y Bart, A.T. 2001. Conservación de la biodiversidad en Cuba. Revista Actualidad Forestal Tropical. Boletín de Maderas Tropicales. Vol. 9 No.3. p 9.
- Socarrás, R. A.; Chamizo, L. A.R; Rivaltes, G. Vilma. 2003. La biodiversidad en Cuba. Suplemento especial. Curso preparado sobre conservación de biodiversidad en Cuba. Grupo de Edición Editorial Academia. Instituto de Ecología y Sistemática. Ciudad de La Habana, Cuba. p 4-27.
- Sprich, L. 1996. Taxonomía actual y distribución natural del género *Pinus* en el caribe. Revista Forestal Centroamericana. No. 16. CATIG. 25 -28 p.
- Surós, R.E. 2005. Bases teórico metodológicas para determinar las dimensiones de las Unidades de Base. Estudio de caso: Unidad Macurije. Tesis presentada en opción al Grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 93 p.
- Templeton, A.R. 2001. The meaning of species and speciation A genetic perspective. Sinauer Associates. Molecular Ecology. p 3-27.
- Thomson, L.; Graudal, L.; Kjaer, E. 2002. Selección y ordenación de áreas de conservación genética in situ para especies elegidas. Conservación y ordenación de recursos genéticos forestales en bosques naturales ordenados y áreas protegidas in situ. No. 2. FAO. Danida Forest Seed Centre. IPGRI. Roma, Italia. p 5.
- Toledo, R. 2004. Grado de antropización y manejo forestal en relación con la diversidad y abundancia de las comunidades de aves en la cuenca del río Cuyaguateje. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales. Mención Manejo del Bosque. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



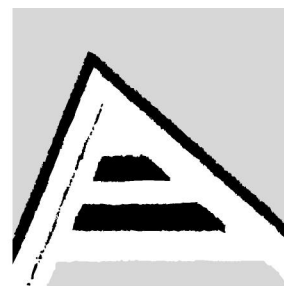
- UICN. 1994. Directrices sobre Clases de Áreas Protegidas. UICN/WCPA y WCMC, Ginebra.
- UICN. 1998. Lista de Áreas Protegidas. Elaborado por WMCM y WCPA. UICN, Ginebra.
- Urquiza, M. 2002. Compendio de Indicadores de Sostenibilidad. Disponible en:

<http://www.medioambiente.cu/desanejo%20Sostenible%20de%20su>
Marzo, 2006].

Universitat d'Alacant
 Universidad de Alicante

- Varona, J.C. 1982. Fomento de plantaciones de pino. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 102 p.
- Valdés, N. R. 2003. Efecto de la tala rasa sobre la vegetación leñosa en los ecosistemas de pinares en la U.S perteneciente a la EFI La Palma. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Programa de Doctorado cooperado Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
- Willan, K.; K. Olesen y H. Barner. 1995. La variación natural como base del mejoramiento genético forestal. Nota de clase No.3. Humleback, Dinamarca. Abril de 1993. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo I. PROSEFOR. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 15-16 p.
- Villa, S.A y Benoit, C.I. 2005. Planes Nacionales de Conservación del Quele y Pitao. Editora OGRAMA S.A. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Chile. 43 p.
- Villar, S.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I.; Domínguez, S.; Revilla, I. 1997. Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de *Pinus halapensis* Mill. Sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 4. España. p 81-92. Disponible en: <http://www.mma.esconservat/acciones/meora/genet/serranillo/enderucimiento.ph1.pdf>. **(Consultado 25 de Febrero, 2005).**
- Villar, S.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I. 1998. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the

nitrogen and non-structural carb
halapensis Mill (Aleppo pine) s
Forestieres. España. p 45.



- Yanchuk, A. 2001. Nueva publicació
Conservación y ordenación de recur
naturales ordenados y áreas prote
genéticos Forestales. No. 29. Org
para la Agricultura y la Alimentación.

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

- Yang, R.C and Yeh, F.C. 1992. Genetic consequences of *in situ* and *ex situ* conservation of forest trees. For. Chron. 68: 720-729.
- Young, A.G y Charke, G.M. 2000. Gnetetic, demography and viability of fragmentes populations. Cambridge Univesity Press. Disponible en: <http://www.Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm>.
(Consultado 24 de Febrero, 2006).
- Zheng, Y.Q; Ennos, R.A. 1999. Genetic variability and structure of natural and domesticate population of Caribbean Pine. *Pinus caribaea* Morelet theoretical Eppleed Genetics. 98: 765-771.
- Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de Mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 531 p.

Anexo 1

Entrevista a especialistas del sector forestal

Objetivo: Determinar las principales causas de pérdida de los bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Guía de entrevista

Como es conocido la diversidad de la especie de *Pinus caribaea* var. *caribaea* se encuentra amenazada por diferentes causas. En que medida considera usted que han incidido cada una de las causas que a continuación se mencionan en la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Marque con una X en una escala de 1 a 3 según su criterio, atribuyendo que el número 1 significa nula incidencia en la pérdida de bosques naturales, el 2 poca incidencia y el 3 indica que la causa incide en la pérdida de estos areales.

Causas

Incendios forestales 1____ 2____ 3____

Aprovechamiento forestal 1____ 2____ 3____

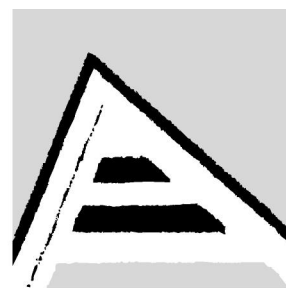
Talas ilegales 1____ 2____ 3____

Conversión de otros usos de las tierras 1____ 2____ 3____

Huracanes 1____ 2____ 3____

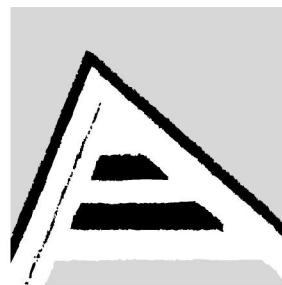
Pastoreo 1____ 2____ 3____

Mal manejo 1____ 2____ 3____



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Anexo 2



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

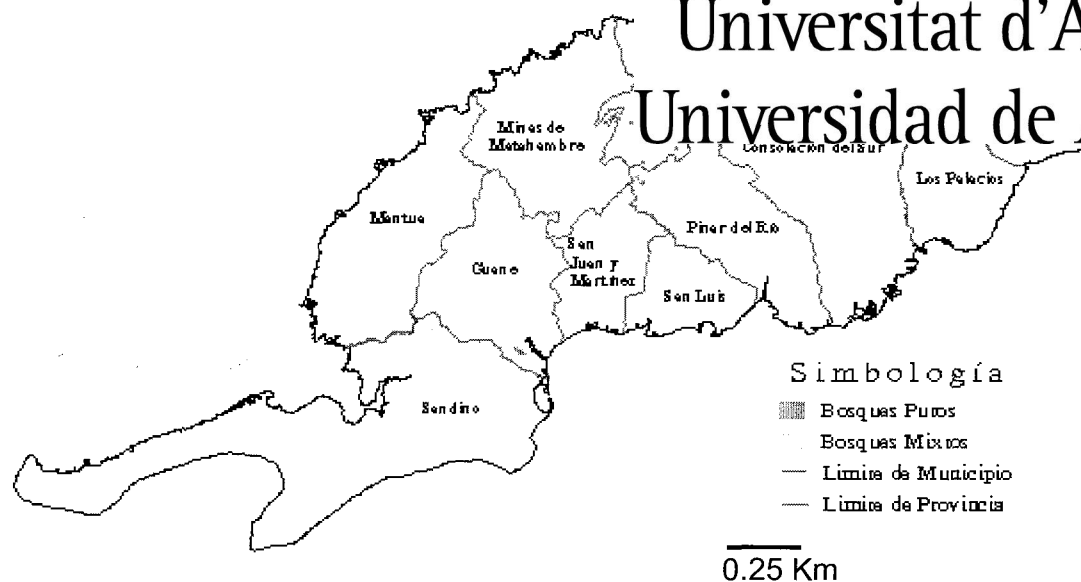
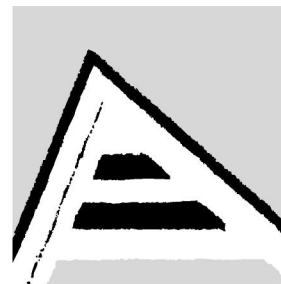


Figura 2. Ubicación geográfica de las áreas naturales de la especie.



Anexo 3

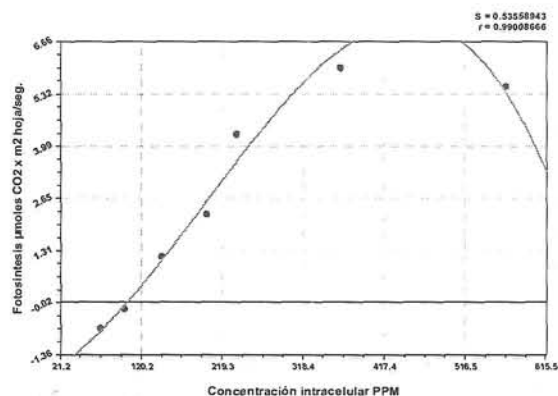


Figura 18. Curva de CO₂ (primer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

$$b = 0.01$$

$$c = 8.51$$

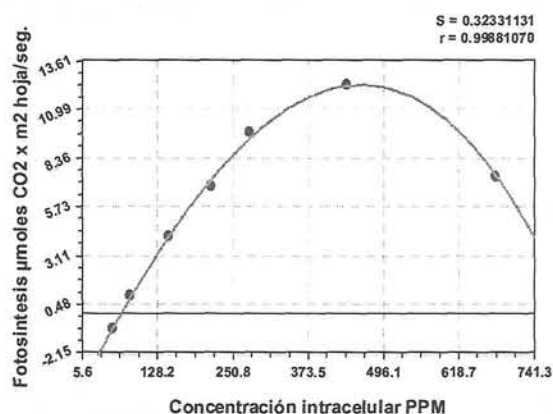


Figura 19. Curva de CO₂ (segundo individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

Polinomio 3er grado

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

$$a = -42.59$$

$$b = 0.06$$

$$c = -4.66$$

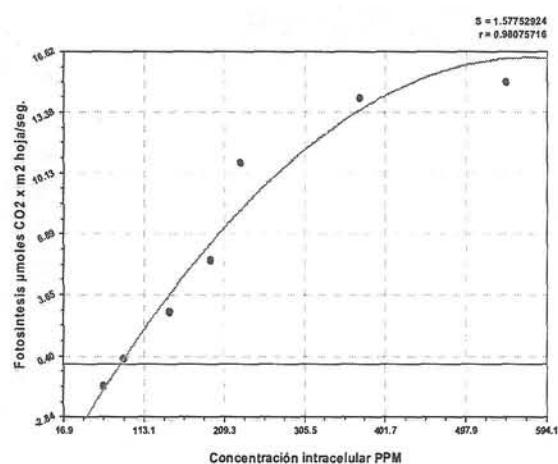


Figura 20. Curva de CO₂ (tercer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

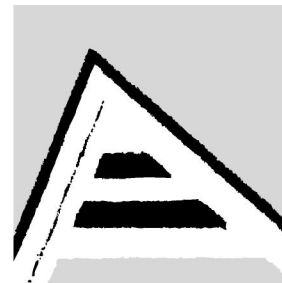
Ecuación cuadrática

$$y = a + bx + cx^2$$

$$a = -61.65$$

$$b = -0.08$$

$$c = -6.84$$



Universitat d'Alacant Universidad de Alicante

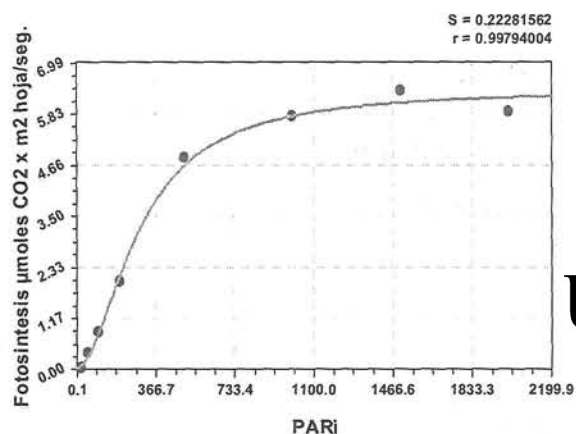
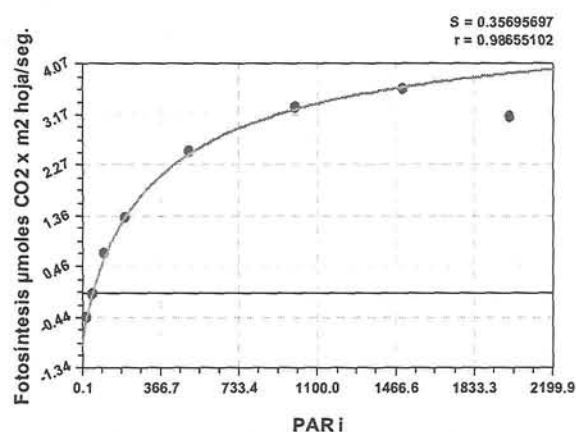


Figura 22. Curva de saturación de luz (primer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).



MMF Model

$$y = (a \cdot b + c \cdot x^d) / (b + x^d)$$

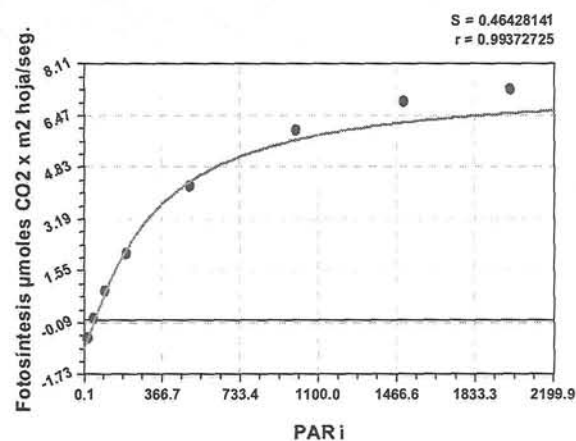
$$a = -0.94$$

$$b = 13.76$$

$$c = 5.07$$

$$d = 0.84$$

Figura 23. Curva de saturación de luz (segundo individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).



MMF Model

$$y = (a \cdot b + c \cdot x^d) / (b + x^d)$$

$$a = -0.92$$

$$b = 74.86$$

$$c = 74.4$$

$$d = 11.55$$

Figura 24. Curva de saturación de luz (tercer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

**PROGRAMA DE DOCTORADO
DESARROLLO SOSTENIBLE CONSERVATIVO DE BOSQUES TROPICALES
MANEJO FORESTAL Y TURÍSTICO**

**UNIVERSIDAD DE ALICANTE. ESPAÑA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO. CUBA.
CENTRO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

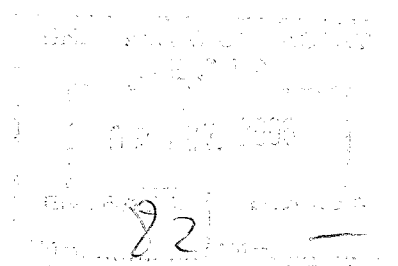
**ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN INTRAESPECÍFICA
PARA *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y
Golfari.**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN
CIENCIAS ECOLÓGICAS**

Autor: MSc. Yudel García Quintana.

**Directora: Dra. Gretel Geada López. Universidad Pinar del Río.
Tutores: Dr. Antonio Escarré. Universidad de Alicante.
Dr. Luis Gil. Universidad P. de Madrid.**

**Pinar del Río, Cuba
2006.**



A LA MEMORIA DE MI ABUELITO
JUAN Y A MI PEQUEÑA Y QUERIDA
HIJA SAMANTHA POR DARME
FUERZAS PARA SEGUIR A DELANTE

AGRADECIMIENTOS

- A mi madre, mi novia Liseyda y mi hija Samantha, por ser la razón de mi vida y brindarme todo su apoyo, amor y comprensión en los momentos más difíciles, sin el apoyo de ellas creo hubiera sido imposible lograr este objetivo.
- A mis hermanos, mis tías y mi prima Clary que siempre me han dado fuerzas para continuar superándome en la vida y por ser tan especial conmigo.
- A mi directora de tesis Dra. Gretel Geada López y mi tutor Dr. Antonio Escarré por todo su apoyo, comprensión y por todos sus conocimientos.
- A la Universidad de Pinar del Río y a la Universidad de Alicante por brindarme esta posibilidad y por todo el apoyo recibido y dedicación para la culminación de este trabajo.
- A mis compañeros del Departamento Forestal y del Decanato de la Facultad de Forestal y Agronomía.
- A todos mis amigos y compañeros que siempre me han apoyado y han estado pendiente de la evolución de este trabajo, en especial a Ilya, Milagros, Suriel, Nailé, Sadys, Martha Bonilla, Maribel, Maricela, Marielle, Yoel, Yatsunarys, Héctor, Soto, Iris, Wilfredo y a mis alumnos, en particular a Hazy.
- A los compañeros de la Delegación de la Agricultura, las EFI, la EFF y en particular al Grupo Territorial de Ordenación Forestal y al SEF.
- A todos aquellos que con esmero me han ayudado en la culminación de esta tesis. A todos Muchas gracias.

Resumen

En este trabajo se estableció una estrategia para la conservación intraespecífica de la especie *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, basado en la caracterización de la variabilidad existente a nivel morfológico, ecofisiológico y genético en áreas de distribución natural de la especie, evaluando un total de 8 poblaciones (Cajalbana, Marbajita, La Guira, La Jagua, Galalón, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar), además se tuvo en cuenta aspectos de su dinámica, así como los principales factores que han incidido en la pérdida de sus poblaciones naturales, indicando que el manejo inadecuado, los incendios forestales y el aprovechamiento forestal, han sido las causas fundamentales. En el estudio se muestra una amplia variabilidad a nivel morfológico y genético en la especie, así como la diferenciación de dos grupos entre poblaciones a partir de 22 variables, uno al NO y otro al NE, donde Galalón mostró características muy distintivas. Se definen las poblaciones de Sabanalamar y La Güira como unidades de conservación, Galalón, como unidades significativas de evolución, Cajalbana, Marbajita, La Jagua y Viñales como unidades de manejo y una nueva categoría para la especie (unidades especiales de conservación) relacionada con su programa de mejoramiento genético.

INDICE

		Pág
	INTRODUCCIÓN	1
1	Contexto actual de la conservación de los recursos genéticos forestales.	6
1.1	Características generales del territorio cubano.	6
1.1.1	Características físico-geográficas del territorio de Cuba.	6
1.1.2	Principales aspectos edafo-climáticos del país.	7
1.1.3	Características de la flora y el patrimonio forestal de Cuba.	9
1.2	La especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>.	11
1.2.1	Variedades de la especie.	11
1.2.2	Características generales de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>.	12
1.2.2.1	Características botánicas	12
1.2.2.2	Ciclo fenológico y período de recolección de semillas.	14
1.2.2.3	Adecuación a la estación.	14
1.2.2.4	Usos de la madera.	15
1.2.3	Distribución geográfica de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>.	15
1.3	Conservación de los recursos genéticos forestales.	16
1.3.1	Situación de los recursos forestales en el mundo y en Cuba.	16
1.3.2	La Conservación de los recursos genéticos forestales en Cuba. Composición y métodos.	20
2.3.2	Categorías de conservación en Cuba. Situación actual de las Áreas Protegidas.	27
2	Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>.	32
2.1	Introducción	32

2.2	Materiales y métodos.	41
2.2.1	Ubicación geográfica del área de estudio.	41
2.2.2	Toma de información sobre dinámica de los bosques naturales de la especie.	42
2.2.3	Metodología para la evaluación del estado actual de conservación de las masas naturales de la especie.	43
2.2.4	Entrevista aplicada a especialistas del sector forestal.	45
2.2.5	Procesamiento estadístico.	45
2.3	Resultados y discusión.	46
2.3.1	Dinámica de plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	46
2.3.2	Dinámica de bosques naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	47
2.3.2.1	Superficie cubierta por formación de pinares.	47
2.3.2.2	Superficie cubierta por <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	48
2.3.2.3	Incrementos dasométricos en la especie.	50
2.3.2.4	Utilización de la especie.	50
2.3.2.5	Patrimonio genético de la especie en unidades asociadas a programas de mejora.	51
3.3	Estado actual de conservación de las áreas naturales de la especie.	52
3.3.1	Actualización de las áreas de distribución natural de la especie.	52
3.3.2	Estado actual de conservación.	53
3.4	Conclusiones	59
3	Ecofisiología de la especie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	60
3.1	Introducción	60
3.2	Materiales y Métodos	73
3.2.1	Procedimiento para la caracterización edafoclimática.	73
3.2.1.1	Datos de clima.	73

3.2.1.2	Métodos para el cálculo de propiedades físicas y químicas del suelo.	73
3.2.1.3	Clasificación genética de los suelos.	75
3.2.2	Medidas de intercambio gaseoso en la especie.	80
3.2.3	Medidas de Potencial hídrico.	83
3.2.4	Medidas de Transpiración cuticular.	84
3.2.5	Procesamiento estadístico.	85
3.3	Resultados y discusión.	86
3.3.1	Caracterización edafoclimática de las poblaciones naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	86
3.3.1.1	Caracterización climática.	86
3.3.1.2	Caracterización física y química del suelo por localidades.	87
3.3.2	Medidas de intercambio gaseoso en la especie.	90
3.3.2.1	Curvas de CO ₂ . Estudio de caso, ambiente de Viñales.	90
3.3.2.2	Curvas de luz. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.	91
3.3.2.3	Curvas de fotosíntesis y transpiración de evolución en el tiempo.	92
3.3.2.3.1	Conductancia estomática.	94
3.3.3	Superficie de anchura.	96
3.3.4	Potencial hídrico.	96
3.3.5	Transpiración cuticular.	98
3.3.5.1	Curvas de pérdidas de peso.	98
3.3.5.2	Transpiración cuticular.	99
3.3.6	Correlaciones entre atributos ecofisiológicos.	101
3.4	Conclusiones.	103
4	Variabilidad morfológica y genética en <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	104
4.1	Introducción.	104
4.2	Materiales y Métodos.	114
4.2.1	Evaluación del fenotipo.	114

4.2.2	Parámetros morfológicos.	115
4.2.3	Procesamiento estadístico	117
4.3	Resultados y discusión.	118
4.3.1	Variabilidad fenotípica en poblaciones naturales de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	118
4.3.2	Variabilidad morfológica en <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	124
4.3.3	Agrupaciones entre las poblaciones de estudio a nivel ecofisiológico y morfológico.	132
4.4	Conclusiones	134
5	Estrategia de conservación intraespecífica para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> .	135
5.1	Introducción.	135
5.2	Estrategia de conservación.	140
5.2.1	Lineamientos generales para el diseño de programas de gestión y estrategias de conservación.	140
5.2.2	Marco legislativo.	142
5.2.3	Diseño de la Estrategia de conservación.	143
	Conclusiones Generales	147
	Bibliografía	148
	Anexos	

Introducción

El hombre en su interacción con la naturaleza aprendió a utilizar los recursos que ésta le brindaba para garantizar su existencia, y en la medida que los conocimientos adquiridos le permitieron un mayor grado de satisfacción de sus necesidades, su visión se fue transformando en un predominio de intereses de uso, conservación y manejo de los recursos.

La conservación de la vida en la Tierra y la gestión de los fenómenos naturales bajo un punto de vista global, se ha convertido en un reto inaplazable para la perpetuación del hombre como ser vivo, sin embargo, esto no impide la extinción de especies, la pérdida de hábitat, la fragmentación de los ecosistemas, y en general la pérdida de la diversidad biológica.

Según Alía *et al.* (2003), la importancia que la sociedad concede a la diversidad biológica se ha visto incrementada en la última década, en parte debido a la firma de la Convención de la Diversidad Biológica en 1993 y a la demanda social de espacios naturales de recreo y ocio. Hay una creciente preocupación por la pérdida de especies y hábitat, la erosión de la diversidad bajo un impacto humano cada vez mayor y la modificación de los procesos que la modelan. Al mismo tiempo, existe un desafío marcado por la complejidad de los ecosistemas y por la ignorancia de los mecanismos que sustentan la diversidad biológica.

La conciencia cada vez más generalizada de la importancia de los recursos forestales y la necesidad de su gestión ha de efectuarse de acuerdo a los principios de sostenibilidad, lo cual ha supuesto el inicio de múltiples acciones encaminadas a la conservación de estos recursos.

Los bosques, en particular los tropicales ocupan un lugar destacado en los esfuerzos encaminados a la conservación de la diversidad biológica. Se ha estimado que la mitad de la biodiversidad del mundo está contenida en los bosques y que probablemente más de las 4/5 partes de muchos grupos de plantas y animales se encuentren en los bosques tropicales (CIFOR/UNESCO, 1999), citado por (Toledo, 2004).

Las actividades humanas tienden a destruir la estabilidad de los ecosistemas y con ésta viene acompañada una desaparición de las especies que allí se encuentran. Así el ecosistema se vuelve menos complejo, provocando menor

estabilidad y mayor posibilidad de perder especies (Pimm, 1994; Woodward, 1994), citado por (Toledo, 2004).

Según Leal (2000), el mantenimiento de la diversidad implica la conservación de la composición, estructura y función de paisajes, ecosistemas, comunidades, poblaciones, y especies, y de la información genética a diversas escalas de tiempo y espacio.

La diversidad biológica es el fruto de millones de años de evolución, moldeada por los procesos naturales y cada vez más por la influencia del ser humano (Colectivo de autores, 2003).

La conservación de la diversidad biológica no escapa de los problemas apremiantes y sin soluciones aparentes de finales del siglo XX, lo que contrasta con los avances científico-técnicos alcanzados en diversas esferas afines del conocimiento y que aún no han permitido establecer vías de gestión sostenible, a pesar incluso de los esfuerzos realizados por diferentes instituciones y organismos nacionales e internacionales, donde se convocó a la comunidad internacional a participar del Convenio para la Conservación de la Diversidad Biológica, del cual la República de Cuba es firmante (Álvarez, 2002).

La biodiversidad del mundo es un producto de millones de años de evolución y las fuerzas evolutivas que han conducido al estado actual siguen operando y crearán la biodiversidad del futuro o su ausencia. La biodiversidad está compuesta de los recursos genéticos del mundo y para manejarlos efectivamente hay que medir sus niveles y patrones de variación (Frankel *et al.* 1995; citado por Furnier 2004). Entiéndase por recursos genéticos, unidades biológicas con variabilidad heredable, de valor presente o potencial (Álvarez, 1992).

La conservación y utilización racional de los recursos forestales constituye un importante desafío de carácter global, por cuanto conseguir un adecuado equilibrio entre la utilización y conservación de estos recursos representa un aspecto crucial para el desarrollo (Quédraogo, 1997; citado por Gutiérrez, 2003).

Importantes recursos genéticos forestales están amenazados como consecuencia de la deforestación tropical y la pérdida de recursos genéticos. A pesar de todo, la preocupación mundial sobre la reducción de los bosques tropicales tiene que traducirse todavía en acciones concretas en varios países.

Aunque la conservación y la ordenación y utilización sostenible de los bosques tropicales encabezan las listas de prioridades, nuestro conocimiento limitado sobre los efectos de la deforestación y la fragmentación resultante, la explotación incontrolada y otras amenazas para los recursos genéticos forestales, constituye un importante vacío que limita las actividades de las instituciones nacionales, regionales e internacionales. El desarrollo de métodos y estrategias apropiados para la conservación y la utilización sostenible deben asegurar e incrementar la contribución del sector forestal al mantenimiento de las comunidades locales y en favor de las economías nacionales. Para que sea eficaz, la conservación de los recursos genéticos forestales tiene que integrarse en el marco general de la ordenación forestal sostenible. Es fundamental contar con un mejor conocimiento de los factores clave para llevar a cabo una conservación *in situ* firme y a largo plazo, de la diversidad genética de las poblaciones de árboles forestales (Salam, 1999).

El archipiélago cubano, conformado por la Isla de Cuba y de la Juventud y más de 1.600 cayos, ocupa una superficie de 110.982 Km. y 5.746 Km. de costas, con una población de 11.038,602 habitantes, dividido en 14 provincias y 169 municipios, con una densidad poblacional de 100 hab/Km². La flora cubana presenta una gran diversidad, provocada por la complejidad de las condiciones físico-geográficas y su diferenciación espacial que conforman un mosaico ecológico, con gran riqueza de especies (cerca de 8000), incluida dentro de estas alrededor de 600 especies, 4 macizos montañosos y 2 sistemas de cayerías, Los Canarreos y Sabana Camagüey (Álvarez, 2002).

La Ley Forestal, aprobada en la Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, el 21 de Julio de 1998, define en su artículo 3 que "Integran el Patrimonio Forestal los bosques naturales y artificiales, los terrenos destinados a esta actividad, las áreas deforestadas con condiciones para la actividad forestal, así como los árboles de especies forestales que se desarrollen en forma aislada o en grupos, cualesquiera que sea su ubicación y tenencia (Servicio Estatal Forestal, 1999).

La Ley No. 85, Ley Forestal, el Reglamento de la ley y el Decreto No. 268, son los instrumentos jurídicos que constituyen la legislación básica forestal de la República de Cuba, para garantizar la conservación y desarrollo de su patrimonio forestal sobre las más amplias y modernas concepciones de

sostenibilidad, siendo además el soporte legal indispensable para el cumplimiento del Programa Nacional de Desarrollo Forestal (Servicio Estatal Forestal, 1999).

La política forestal del país se ha encaminado al desarrollo creciente de planes de forestación y reforestación a gran escala, lo cual ha permitido que se empleen un gran número de especies forestales, que unas veces han sido llevadas a áreas de su hábitat natural, pero otras fuera de su área de distribución natural, tal es el caso de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, valiosa especie de rápido crecimiento, endémica del occidente del país, con gran plasticidad ecológica y considerada la especie de excelencia en los planes reforestación a lo largo de Cuba. La misma ha presentado problemas de manejo, ya que en muchas ocasiones se establece en sitios donde ella no debe permanecer, y en los últimos años sus poblaciones naturales se han visto afectada por diferentes causas, fundamentalmente por incendios forestales, aprovechamiento maderero y los huracanes que frecuentemente afectan esta región y aunque se han iniciado una serie de actividades encaminadas a fortalecer su conservación y utilización sostenible, la experiencia práctica ha demostrado que aún existen dificultades en este sentido, notándose una reducción casi total de su área de distribución natural, siendo reportada en estado vulnerable en la lista preliminar de *Pinus* en extinción por la Comisión de la UICN, en 1994, y más recientemente en la Lista Roja de la Flora Vascular Cubana (Berazaín *et al.* 2005). Estos elementos han servido para identificar como **problema principal** de esta investigación, el deterioro de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, siendo el **objeto de estudio** las poblaciones naturales de esta especie.

Por lo anteriormente expuesto se formula la siguiente **hipótesis**: si se establece una estrategia de conservación para la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, basada en la caracterización de la variabilidad existente en cada población a nivel morfológico y genético, así como en aspectos de autoecología de la especie y se identifican categorías de conservación en la especie, como resultado de los estudios en la misma, entonces, se garantizará la preservación del genofondo.

Teniendo como **objetivo general**: Establecer una estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea* var. *caribaea* y se definen como **objetivos específicos**:

- Caracterizar el estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.
- Caracterizar atributos ecofisiológicos en la especie.
- Analizar la variabilidad existente en cada población a nivel morfológico y genético.
- Definir unidades de conservación, unidades especiales de conservación, unidades significativas de evolución y de manejo en la especie.

La **novedad científica** de esta investigación responde a la actualización de las áreas de distribución natural de la especie, así como a la definición de categorías de conservación para la especie.

Su **aporte teórico** está fundamentado en la definición conceptual de las unidades especiales de conservación y el **aporte práctico** consiste en la elaboración de la estrategia de conservación para la especie en estudio.

Para el logro de estos resultados esta tesis doctoral, se ha estructurado de la siguiente manera:

Introducción.

Capítulo 1. Contexto actual de la conservación de los recursos genéticos forestales.

Capítulo 2. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Capítulo 3. Ecofisiología de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Capítulo 4. Variabilidad morfológica y genética de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Capítulo 5. Estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Conclusiones Generales.

Capítulo 1. Contexto actual de la conservación de los recursos genéticos forestales.

1.1 Características generales del territorio cubano.

1.1.1 Características físico-geográficas del territorio de Cuba.

El archipiélago cubano constituye la porción más occidental del arco insular antillano, en medio de los continentes de América del Norte y del Sur; entre los 23° 17' 9" (Cayo Cruz del Padre, al norte de Matanzas) y los 19° 49' 38" (Punta del Inglés, cerca de Cabo Cruz) de latitud Norte y entre los 74° 8' 33" (Punta de Quemado, Maisí) y los 84° 57' 7" (Cabo San Antonio) de longitud (CITMA, 1998).

Está formado por la Isla de Cuba, la mayor de las islas, con 195 007 Km², la Isla de la Juventud, segunda en tamaño, con 2 200 Km² y 1 600 pequeñas islas, cayos e islotes que abarcan 3 715 Km², para un total de 110 922 Km², representando el 0,8 % de las tierras emergidas del planeta, lo que lo ubica en el decimoquinto lugar entre los mayores archipiélago del mundo (Del Risco, 1995).

La Isla de Cuba mide 191 Km. en su parte más ancha y 31 Km. en la más estrecha; la longitud de su costa es de 5 746 Km., posee 13 bahías de importancia y 635 cuencas hidrográficas de variables extensión (CITMA, 1998). En cuanto a la geología, Cuba está formada en gran medida por rocas carbonatadas, con edades que oscilan entre el Jurásico y el Cuaternario, encontrándose la topografía cársica muy extendida y presentando una gran variedad morfológica. El relieve de la isla está condicionado, por su posición en la zona de interacción de las placas de América del Norte y El Caribe, su ubicación en el borde septentrional de la zona de los bosques tropicales periódicamente húmedos y la influencia de las oscilaciones paleoclimáticas del Cuaternario. Ello determina la heterogeneidad, la complejidad, el carácter y el desarrollo de sus elementos morfoestructurales y esculturales. La mayor parte del área del archipiélago es llana u ondulada, con menos de 100 m de altitud, pero tiene cuatro macizos montañosos de importancia, todos en la Isla de Cuba, que abarcan una extensión territorial de 1 959 400 ha, o sea, el 18 % de la superficie total del archipiélago (Del Risco, 1995), ellos son:

1. Sagua-Baracoa, dividido por ríos que desembocan al norte, en más de 10 grupos orográficos. Esta región montañosa es muy variada desde el punto de vista orográfico y geológico y es el centro de desarrollo y evolución más importante de la flora cubana, con la mayor cantidad de especies endémicas locales y uno de los más importantes macizos boscosos del país (Del Risco, 1995).
2. Sierra Maestra, la mayor cordillera del archipiélago, con 250 Km. de longitud y un ancho de hasta 30 m. Esta región también es variada desde el punto de vista geológico y climático. Es un centro importante de desarrollo y evolución de la flora, con numerosas especies endémicas y en ella se asientan diferentes tipos de bosques (Del Risco, 1995).
3. Guamuhaya, con una composición geológica bastante variada, está dividido en dos zonas montañosas: la Sierra de Trinidad, con el Pico San Juan y las alturas de Sancti Spíritus (Del Risco, 1995).
4. Cordillera de Guaniguanico, divide en las Alturas de Pizarras y las Sierras del Rosario y los Órganos, cuyo punto culminante es el Pan de Guajabón. Esta última está constituida por calizas jurásicas muy duras y a causa de sus lomas de formas cónicas (mogotes), se considera como uno de los sistemas montañosos cársicos más bellos de los trópicos. Tiene gran importancia como centro de evolución y desarrollo de la flora de Cuba, con una buena cantidad de especies endémicas (Del Risco, 1995; CITMA, 1998).

1.1.2 Principales aspectos edafo-climáticos del país.

La composición, características y distribución de los bosques, según Del Risco (1995), están determinados por la interrelación de los diferentes factores ambientales, biológicos e históricos. Se puede afirmar que los factores más importantes son los climáticos y los edáficos.

Temperatura.

Se reporta por Del Risco (1995), que entre los factores climáticos más importantes se encuentran la temperatura, el agua y el aire; siendo de éstos, la luz el factor más importante para las actividades fisiológicas de los vegetales.

Sin embargo, la homogeneidad de su distribución hace que la incidencia no desempeñe un papel determinante en la variación de los bosques y en la distribución de éstos. Según Borhidi (1996), en Cuba, las temperaturas medias anuales en las zonas llanas tienen poca variación, pues mientras que en la región sur-oriental oscilan entre 27°C y 28°C, en la región centro-oriental hasta la central promedian entre 25°C y 26°C y llegan hasta los 24°C y 25°C en la región occidental.

Lluvia.

Las lluvias varían desde menos de 500 mm en la región costera sur oriental entre Maisí y Guantánamo, hasta más de 3 000 mm en la zona montañosa entre Baracoa y Moa. En cuanto a la distribución territorial, hay diferencias marcadas, pues mientras en las zonas llanas orientales las lluvias medias anuales varían entre 700 y 1 300 mm, éstas aumentan hacia el oeste, y en la región occidental la media está entre 1 400 y 1 600 mm. En general, en las zonas montañosas, las precipitaciones son mayores que en las zonas llanas aledañas (Del Risco, 1995).

Suelo.

Con relación a la influencia de las características del suelo en el desarrollo de la vegetación, Del Risco (1995), refiere que entre los principales factores ecológicos que determinan el desarrollo de la vegetación se encuentra el suelo, su material de origen y su humedad. Señala además este autor, que en los bosques, la influencia del subsuelo es mayor que en cualquier otro sitio de vegetación, puesto que normalmente las raíces de los árboles penetran hasta él y se abastecen allí de nutrientes, cuando en las capas superiores del suelo escasean éstos a causa de su empobrecimiento por un exceso de lluvia. Por la misma razón, para los bosques, el poder de retención de agua en el suelo no es tan decisivo, ya que las raíces de los árboles pueden entrar en contacto con el manto freático.

En Cuba, los suelos se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con el material de origen (Del Risco, 1995):

1. Suelos derivados de roca caliza. Son los más abundantes en Cuba y comprende tres grupos.
2. Suelos derivados de roca ígnea ultrabásica. Se derivan principalmente de serpentinita, la cual ejerce una gran influencia en el desarrollo de la morfología de la vegetación.
3. Suelos derivados de roca silíceas.

Altitud y topografía.

La mayor parte del área del archipiélago es de topografía llana a ondulada, con menos de 100 m de altitud, pero tiene cuatro macizos montañosos. En el nordeste se encuentra el Macizo de Sagua-Baracoa con su punto culminante que es el Pico de Cristal con una altitud de 1 231 m. Hacia la parte sureste se encuentra la Sierra Maestra, la cual constituye la mayor cordillera montañosa del archipiélago, con su montaña más alta, el Pico Turquino, con 1 972 m de altitud. En la región central se encuentra el Grupo de Guamuhaya dividido en dos zonas montañosas: la Sierra de Trinidad con el Pico de San Juan, que alcanza los 1 140 m sobre el nivel del mar y las alturas de Sancti Spíritus con la Loma de Banao, que alcanza los 842 m de altitud. En la región Occidental la Cordillera de Guaniguanico, dividida en las Alturas de Pizarras y las Sierras del Rosario y Los Órganos, con un punto más alto, el Pan de Guajaibón que alcanza los 699 m.

1.1.3 Características de la flora y el patrimonio forestal de Cuba.

Las particularidades de la flora de Cuba han sido referidas por diferentes autores a lo largo del tiempo. Valdés (2003), reconocen que Cuba por su posición particular en la región del Caribe y por el endemismo pronunciado presenta uno de los problemas fitogeográficos de mayor interés. Borhidi (1996), plantea que es la flora mayor y más diversa de las Antillas. Por las características de su flora, el territorio cubano constituye una provincia geobotánica o subdominio fitogeográfico de la subregión Caribe o Centroamericano-antillano.

La flora de Cuba, es una de las floras insulares más ricas del mundo. Contiene unas 6 850 especies de plantas vasculares, de las cuales 500 son pteridofitas y aproximadamente 6 350 fanerógamas (Borhidi, 1996).

La flora del archipiélago cubano es la más evolucionada y rica de las Antillas, y muy independiente, pues ella solo tiene casi la mitad de los endemismos de la subregión, esto es más de 3 000 taxones y se conocen alrededor de 70 endémicos genéricos (Halffter, 2001).

Del total de especies que forman la flora natural cubana (más de 6 000), el 51 % es endémica, lo que implica que Cuba es el principal centro de especiación de las Antillas debido al tamaño de la isla y al aislamiento geológico acontecido desde principios del Período Terciario. En Cuba aparecen 33 áreas de alto endemismo. La riqueza de especies de la biota cubana total es de 0,194 (32 080 especies en 164 625 Km²) y para las especies terrestres y dulceacuícolas es de 0,195. La riqueza de endemismo de la biota cubana es de 0,076 lo que representa un endémico por cada 12,02 Km² (CITMA, 1998).

Los recursos fitogenéticos presentes en la flora silvestre cubana son diversos y numerosos. La flora forestal autóctona está compuesta por 627 especies arbóreas pertenecientes a 243 géneros, a los cuales pueden añadirse otras 18 especies de 13 géneros que se consideran naturalizados en el país, para un total general de 645 especies distribuidas en 256 géneros (CITMA, 1998).

Báez y Diago (1998), refieren que alrededor del 31% de las áreas del patrimonio forestal se encuentran situadas en regiones montañosas cuyas alturas oscilan entre 300 y 1 970 msnm. La característica común a todas, desde el punto de vista forestal, es la abundancia de suelos escabrosos, de pendientes pronunciadas y de difícil acceso.

Herrero (2006), plantea que los bosques naturales cubanos se clasifican en 16 formaciones forestales, y tanto por el área que ocupan, como por la importancia económica de las especies que la constituye, las formaciones fundamentales son los manglares, el pinar y el bosque semicaducifolio. Por otra parte, Díaz (2006), refiere que las características insulares de Cuba han propiciado la evolución de una biodiversidad particular y con valores muy altos de endemismos, los cuales condicionan a la vez la fragilidad y vulnerabilidad de algunos de los ecosistemas.

1.2. La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

1.2.1 Variedades de la especie.

Muchos especialistas forestales opinaban que existían ciertas diferencias dentro de *Pinus caribaea* a partir de observaciones en aspectos de germinación de las semillas y caracteres morfológicos, pero sin un soporte experimental bien fundamentado científicamente, existiendo gran confusión en cuanto a su sistemática. Los argentinos Barret y Golfari (1962), citado por Sprich (1996), hicieron un estudio a partir de un pequeño grupo de caracteres morfológicos ofreciendo una nueva división varietal para la especie *Pinus caribaea*; sin embargo, es válido aclarar que dichos caracteres son altamente influenciados por las condiciones del ambiente lo cual ha sido una de las más grandes críticas al mismo. La especie quedó subdividida en tres variedades: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari (Cuba); *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret y Golfari (Bahamas); *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari (América Central), cada una de las cuales posee un ámbito de distribución y características fenológicas muy propias (Betancourt, 1987; Rojas, 1991 y Lamprecht, 1990), citados por (Sprich, 1996):

- *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, (típica) de Cuba e Isla de la Juventud.

La misma se describe con las siguientes características: agujas en fascículos de 3 (raramente 4), conos de 5-10 cm. de largo, semillas con alas adnatas.

- *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, es una variedad de América Central.

Posee las siguientes características: agujas en fascículos de 3 a veces 4,5 y 6 en árboles jóvenes, conos de 4-12cm de largo, semillas con alas articulares (alas sueltas).

- *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*, variedad de las Bahamas y las Islas Caicos.

Las características que permiten diferenciar esta variedad son: agujas en fascículos de 2 y 3, conos de 4-12cm de largo, semillas con alas articulares adnatas.

A pesar de esto, Zheng y Ennos (1999), realizaron un estudio incluyendo las tres variedades con técnicas moleculares de cpDNA e isoenzimas y detectaron que la variedad cubana tenía un patrón genético diferente a las restantes,

mientras que las otras dos variedades aparecían con patrones más similares. Posteriormente, Geada (2002 y 2003), realizó un estudio a partir de 5000 bp del cpDNA en las 67 especies del subgénero y considerando las tres variedades de *Pinus caribaea*, demostrando que existían diferencias entre las mismas, y la variedad cubana aparecía siempre aislada de las otras dos variedades.

1.2.2 Características generales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Betancourt (1999) y Dobler y Torres (1995), se refieren a las características botánicas de la especie en estudio, como se presenta a continuación:

1.2.2.1 Características botánicas

Hojas

Las hojas están comúnmente en grupos de 2 a 3 por fascículo, raramente 4, de 15 a 25cm de largo, de 1.0 a 1.3 mm de espesor, agudas, con bandas estomáticas en todas las caras, canales resiníferos internos de 3 a 6, hipodermis biforme de 3 a 5 hileras; vainas de 10 a 13 mm de largo, castañas a negruzcas cuando adultas.

Fuste y corteza

La corteza de los árboles jóvenes es grisácea, rugosa y resquebrajada en surcos más o menos profundos; en los adultos se puede mantener esta característica o bien formar placas grandes de color castaño, con fisuras poco profundas, descascarándose en finas láminas.

Madera.

Las características generales de la madera son: textura media, grano típicamente recto, con albura poco diferenciable del duramen. La madera recién aserrada tiene un lustre medio y es grasienta al tacto, en consonancia con la cantidad de resina que posea. Esta madera presenta anillos visibles, diferenciándose notablemente la madera tardía de la temprana. Sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera han informado lo siguiente: densidad media de la albura a 14% de humedad, seca al aire de 0.83 g/cm³ y de 0.80 g/cm³ seca al horno, lo que corresponde a una clasificación mediana; la

densidad del duramen de 0.65 g/cm^3 a 12% de humedad y 0.615 g/cm^3 seca al horno, lo que se clasifica de mediana a moderadamente baja; una contracción volumétrica total del duramen de 12%, clasificado como moderadamente baja, sin embargo en la albura se considera alta de 17%; la compresión paralela a las fibras de la albura en estado seco llega a alcanzar valores altos (816 kg/cm^3) y valores de 352 kg/cm^3 en madera verde, en el duramen los valores son moderados; con respecto a la flexión estática el valor de la albura se considera mediano y la tenacidad se puede considerar de muy baja en albura seca a baja en madera baja.

Flores

Es monoica. Las flores masculinas (amentos) son de 20 a 30 mm de longitud; las flores femeninas (estróbilos) son reflejos. Las flores masculinas abundan más en las ramas bajas, las femeninas en la parte superior del árbol.

Frutos.

Las flores femeninas se transforman en conos, que son ligeramente asimétricos, de 15 a 12cm de longitud y entre 1.3 y 4.0cm de diámetro; cónicos cuando están cerrados, oblongos cuando abiertos. Los conos permanecen en el árbol, si no se tumban, durante un año o más después de la diseminación de las semillas. Los frutos contienen un promedio de entre 60 y 75 semillas. Las semillas son de 6mm de largo, 3 de ancho y 2mm de espesor, angostamente ovoides y triangulares, de color gris moteado a pardo claro. Las semillas contienen de 4 a 8 cotiledones. Un kilogramo contiene entre 65,000 y 80,000 semillas.

Hábitos.

Puede alcanzar hasta 30 m de altura, raras veces más, y entre 70 y 80cm de diámetro. La copa es normalmente cónica y ocupa, en los árboles grandes, de la tercera a la cuarta parte de la altura total del árbol.

1.2.2.2 Ciclo fenológico y período de recolección de semillas.

En este sentido Betancourt (1999), se refiere a los siguientes aspectos:

Época de floración y maduración de frutos.

En Cuba, la floración se produce durante los meses de enero y febrero; en ocasiones se prolonga hasta marzo y la maduración de los frutos se produce desde mediados de junio hasta finales de julio, en algunos lugares hasta principio de agosto, pero del año siguiente.

Período de recolección de las semillas.

La dehiscencia de los frutos se produce entre 15 y 20 días después de la maduración, siendo necesario recolectarlos durante ese período, antes que diseminen las semillas. Desde los 6 años de edad se observan árboles cultivados con algunos conos, pero una buena cosecha de semilla fértil se consigue entre 12 y 15 años.

1.2.2.3 Adecuación a la estación.

En cuanto a las exigencias edafoclimáticas, son varios los autores que tratan el tema en cuestión Samek (1967); Varona (1982) y Betancourt (1999).

Suelo

En Cuba, donde existen las más extensas masas naturales, los suelos predominantes son Ferríticos (Latosoles). Son suelos ácidos, con pH que varía entre 5.5 y 6.5, pobres en bases intercambiables. Esta especie tiene bastante amplitud ecológica en cuanto a suelos.

Luz

Es heliófila.

Precipitaciones.

En su área de origen las precipitaciones oscilan entre 1 000 mm y más de 2 000 mm.

Temperatura.

En su región originaria la temperatura media anual oscila entre 21°C y 25°C, con temperaturas máximas y mínimas absolutas de hasta 37°C y menos de 4°C.

Incrementos.

Según trabajos realizados por Gra (1995 a,b), esta especie manifiesta incrementos en altura inferiores a 1 m por año hasta los 5 años de plantada; desde este momento se mantiene incrementando alrededor de 1 m por año hasta aproximadamente los 21 años de vida; a partir de esta edad comienza a disminuir el incremento. Referente al diámetro, plantean que el incremento está alrededor de 1cm anual, pero en este caso tiene mucha influencia el espaciamiento de la plantación. Bosch *et al.* (1980), plantearon que en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, en sitios donde el suelo no sea tan gravilloso, esta especie puede alcanzar más de 140 m³/ha a los 13 años de edad.

1.2.2.4 Usos de la madera.

La madera es usada para todo tipo de construcción; también es fuente de producción de pasta papelera de fibra larga, de uso cada vez más extendido en todas las naciones. La madera rolliza preservada se puede emplear para postes de servicio público, carpintería u obtener resina, como materia prima para pintura, barnices, plásticos, aceites, gomas, resina sintética, productos químicos y farmacéuticos. Se emplea y tiene gran demanda en estructuras de toda clase como son: puentes, muelles, almacenes, fábricas de toda clase de construcciones que requieren maderas resistentes de grandes dimensiones, postes, pilotes, carros de ferrocarril, traviesas, además se obtienen magníficos resultados en la fabricación de pulpa para papel (Del Risco,1995).

1.2.3 Distribución geográfica de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Pinus caribaea var. *caribaea* tiene su área de distribución geográfica en la provincia de Pinar del Río, la más occidental de Cuba, y en la Isla de la Juventud. El área de dispersión de la variedad está comprendida entre los paralelos 21° 40' N (Isla de la Juventud) y 22° 50' N (Pinar del Río) y los

meridianos 82° 56' W y 84° 20' W. En la Isla de la Juventud y en gran parte de la provincia de Pinar del Río, *Pinus caribaea* está mezclado con *Pinus tropicalis* Morelet en unos lugares y formando pequeños cayos en forma de rodales puros. Existen masas homogéneas de *Pinus caribaea* en los siguientes lugares: Cajalbana, El Valdés, Mameyal, Los Palacios, La Güira, Cayajabos (Betancourt, 1987), sin embargo actualmente solo se pueden encontrar rodales puros y en ocasiones muy deteriorados incluso con relictos de vegetación en Cajalbana, Marbajita, La Güira y Pinar del Río.

1.3 Conservación de los recursos genéticos forestales.

1.3.1 Situación de los recursos forestales en el mundo y en Cuba.

Según la Enciclopedia Interactiva (2000), la superficie continental del globo terrestre está cubierta en un 30% por los bosques, los cuales constituyen los ecosistemas terrestres más ricos, es decir, son uno de los mayores recursos naturales de la tierra, tanto en la flora como en la fauna y muy especialmente los bosques tropicales húmedos.

Según FAO (2002), en los últimos años, el sector forestal ha sufrido cambios fundamentales en gran parte del mundo como consecuencia de reestructuraciones institucionales de los cambios de los sistemas de propiedad y del mayor reconocimiento de beneficios múltiples que ofrecen los bosques, se prevé que para el 2050, el 40% de los bosques mundiales estarán administrados o serán poseídos por comunidades e individuos. Los bosques tropicales figuran entre los máximos exponentes de la diversidad biótica. Acogen a numerosas especies de aves, mamíferos y reptiles, en cantidad muy superior a las de zonas de clima templado.

Según estimaciones FAO (2002), en el decenio de 1990 cada año se deforestó el 0.38% de los bosques mundiales. Al mismo tiempo grandes extensiones se convirtieron de nuevo en bosques. En consecuencia, se produjo una pérdida anual neta del 0.22%. Si bien estas informaciones revelan una pérdida severamente notable, sobre todo en los trópicos, es igualmente evidente que el cambio de la superficie forestal no es el único indicador de la situación de los recursos forestales mundiales ni de su capacidad de suministrar bienes y servicios.

Otra manera de describir la reducción de los recursos forestales es indicar hasta que punto se han degradado. FAO (2002), plantea que es posible que prácticas silvícolas inadecuadas hayan reducido la producción maderera, que una gestión desacertada haya repercutido negativamente en la fertilidad de los suelos o que la extracción excesiva de leña combinada con el pastoreo haya repercutido negativamente en la fertilidad de los suelos.

La Comisión de las Comunidades Europeas apoya fuertemente el tema de los recursos forestales, según FDE (1993), citado por FAO (2003), un 6% de la superficie terrestre total del mundo se encuentra bajo alguna forma de estatuto de protección. Sin embargo, muchos elementos muy valiosos de la biodiversidad quedan fuera de esas zonas protegidas. Por consiguiente, la biodiversidad debe mantenerse y potenciarse no sólo en las zonas protegidas sino también en la gestión de los bosques productivos y en las plantaciones. Por lo que el sector forestal necesita "reorientar" las políticas transectoriales relacionadas con los bosques en favor de los mismos para conseguir un efecto sostenible.

Informes sobre la Evaluación de los Recursos Forestales mundiales, por la FAO (2000), citado por FAO (2003), estiman que el área en el ámbito mundial fue de casi 3 900 000 de ha, de las cuales el 95% eran bosques naturales y el 5% plantaciones forestales. Los bosques naturales del mundo fueron desapareciendo y convertidos a otros usos de la tierra a un ritmo muy acelerado, durante el decenio de 1990 la pérdida total de bosques naturales fue de 16.1 millón de ha anuales, de las cuales 15 200 000 crecían en los trópicos, lo cual significa que el 4.2% del área de bosques naturales que existía en 1990 se había perdido para el 2000, en los países tropicales la pérdida fue de 7.8%, lo que se estima que la pérdida natural no se debió sólo a la deforestación ya que 1 500 000 ha de bosques naturales fueron convertidos en plantaciones forestales, de manera tal que la deforestación mundial alcanzó 14 600 000 ha anuales durante este decenio, o sea el 3.6%, incluyendo los 1 500 000 ha convertidos a partir de los bosques naturales y el 1 600 000 ha de forestación en tierras que anteriormente eran objeto de uso no forestal.

Informaciones más recientes FAO (2006), indican que la cubierta forestal de América Latina y el Caribe en el año 2005 fue de 924 000 000 de ha,

correspondientes al 46% de la superficie terrestre total de la región y al 23% del área forestal total del mundo.

La Estrategia Nacional Ambiental identifica como uno de los principales problemas ambientales la deforestación, agudizada en estos últimos años por el uso irracional de los bosques con fines energéticos, como consecuencia de la escasez de combustible domésticos y otros (CITMA, 1997).

Según Ares (1999), es Cuba uno de los pocos países con una tasa positiva de forestación/deforestación, resultado de una acertada política seguida por la dirección del país desde 1959 hasta la fecha.

Para Díaz (2006), la deforestación de los bosques naturales cubanos conllevó a una incalculable pérdida de su diversidad biológica y a una intensa degradación de los suelos.

Herrero (2004), en el informe nacional de Cuba sobre Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina trata la evolución de la superficie cubierta por bosques desde 1492 a la fecha. Refiere que durante el período neocolonial, (1902-1959), la tasa anual de deforestación fue la más alta de la historia (70 000 ha/año) provocada fundamentalmente por la expansión acelerada de la industria azucarera y el desplazamiento de grandes masas de campesinos pobres hacia las montañas que desmontaron grandes superficies para lograr el sustento de sus familias. Agrega que el índice de boscosidad creció considerablemente después de 1959. Por su parte Renda *et al.* (2004), brindan el siguiente reporte (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución histórica de la cubierta forestal en Cuba (período 1812/2003).

Año	Población (m/hab.)	Territorio cubierto %	Bosques (ha/hab)
1812	0.5	89.2	19.80
1900	1.8	54.0	3.30
1959	6.9	14.0	0.22
1991	10.8	19.5	0.20
2003	11.2	23.2	0.23

Surós (2005), plantea que la pérdida de áreas boscosas se debe en gran medida a que la política forestal cubana no tuvo el respaldo de una legislación básica forestal enfocada a garantizar la conservación y protección de las áreas boscosas, de la flora y la fauna silvestre y de sus hábitats, así como del aprovechamiento racional de estos recursos.

Informaciones más actuales sobre la situación del sector forestal cubano, según Herrero (2006), señalan que Cuba presenta un área cubierta de 2 696 588 ha, lo que representa un 24.54% de su superficie, de ellas 3 879 27 ha son de plantaciones y 2 308 661 ha de bosques naturales y 170 253 ha de plantaciones jóvenes. Se plantea que Pinar del Río es la provincia con mayor índice de boscosidad con un 39.57% y el municipio especial Isla de la Juventud con 54.04%.

En la Ley Forestal de la República de Cuba, los bosques se clasifican en bosques de producción, de protección y conservación (Servicio Estatal Forestal, 1999).

Herrero (2006), aborda que de la superficie actual de bosques naturales el 26% pertenece a la clasificación de producción, el 49% a protección y el 25% a bosques de conservación y en el caso de las plantaciones, el 58% son bosques de producción, el 36% de protección y el 6% de conservación. En cuanto a los niveles promedios de la actividad de la silvicultura se reportan 63 000 ha de fomento forestal, 60-70 000 ha de tratamientos silvícolas, 39 000 ha de regeneración natural y 79 000 ha de reconstrucción de bosques, la actividad de producción promedio arroja un total de 1 674.4 Mm³ y la superficie de tala, ya sea por tala rasa, sanitaria o selectiva es de 19 381.58 ha. Este mismo autor pronostica que para el año 2020 se prevé un índice de boscosidad del 31.47% (3 457 800 ha) lo que representa el 64.3% (2 223 500 ha) de bosques naturales y 35.7% es decir 1 234 000 ha de plantaciones.

1.3.2 La Conservación de los recursos genéticos forestales en Cuba. Composición y métodos.

Uno de los problemas ambientales que ha suscitado mayor interés mundial es la pérdida de la biodiversidad como consecuencia de las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración de hábitat) (Moreno, 2001).

Según la Enciclopedia interactiva (2000), la diversidad biológica o biodiversidad, representa la variedad de recursos biológicos existentes en el planeta, o sea, el conjunto de todos los organismos vivos.

Según Febles (2000), la biodiversidad constituye un recurso natural de gran importancia para la vida. Leyva (2001), señala que la pérdida de biodiversidad es uno de los 5 problemas ambientales más fuertes a escala mundial. Por su parte Lobo (2001), agrega que ante esta situación el propósito esencial de las reservas naturales es la protección de la biodiversidad.

La diversidad biológica, su conservación e incremento, es uno de los principios básicos de la gestión forestal sostenible. La alta variabilidad genética de las especies forestales es responsable de los procesos de adaptación ante factores bióticos y abióticos extremos que, a su vez, aseguran la persistencia frente a los riesgos a los que están sometidas las masas forestales (Alía *et al.*, 2003).

Salam (1999), plantea que el concepto de recursos genéticos forestales se refiere a los valores ambientales, sociales, económicos, culturales y científicos de las materias heredables contenidas dentro de las especies y entre ellas.

Para Hechavarría (2005), los recursos genéticos forestales y la diversidad presente en los millares de especies arbóreas útiles en la tierra constituyen un recurso intergeneracional de gran importancia social, económica y ambiental. Entre los factores que ponen en peligro la integridad de los recursos genéticos forestales se encuentran la transformación en tierras agrícolas y pastizales; la utilización de los productos forestales para obtener energía (leña); las talas indiscriminadas; la falta de medidas adecuadas para combatir los incendios; la contaminación atmosférica y las variaciones del cambio climático.

Para Namkoong y Koshy (2000), citado por Kanashiro y Thompson (2002), la medida real del éxito en la conservación de la biodiversidad es el mantenimiento de niveles razonables de variación genética dentro de las

poblaciones y la conservación de los procesos ecológicos y genéticos en que se apoya la constitución genética.

Los programas de gestión y conservación de los bosques se basan a menudo en las características del ecosistema y de la comunidad, prestándose poca atención a las especies y a la diversidad genética.

La variación genética es necesaria para garantizar la evolución de la especie y su adaptación a condiciones ambientales sometidas a un proceso dinámico de cambio. Es necesario también para mantener el potencial de mejora que permita satisfacer las necesidades y las finalidades humanas cambiantes. En consecuencia, la posibilidad de seguir obteniendo bienes y servicios de los árboles forestales depende del mantenimiento y ordenación de los recursos genéticos forestales. Si se desea manipular la calidad y rendimiento de la madera, es fundamental conocer bien la variedad de ésta (Palmberg y Hald, 2000).

Para Burley (1993), entre las causas que influyen en la pérdida de la diversidad genética se encuentran el uso excesivo de un determinado recurso genético, la fragmentación del hábitat, los cambios climáticos, la contaminación ambiental, la introducción de especies exóticas y el mejoramiento genético.

Palmberg y Hald (2000), demuestran que los bosques son el depósito más importante de diversidad biológica terrestre. Son longevos, mayormente alógamos, altamente heterocigóticos, y aparecen con frecuencia en entornos variables y en muchos casos han desarrollado mecanismos complejos para mantener una diversidad intraespecífica.

La diversidad genética en los ecosistemas forestales y la variación genética son la base de su adaptación a las tensiones del cambio climático mundial, incluidos los efectos futuros, posibilidades más extremas y la aparición o introducción de nuevas plagas y enfermedades (FAO, 1995).

Para Zobel y Talbert (1988), la naturaleza ha creado la variación necesaria para utilizarla en los programas de mejoramiento genético forestal. Willan, Olesen y Barner (1995), consideran que la variación entre seres vivos tiene tres causas principales: Diferencias en el desarrollo (edad), diferencias ambientales y diferencias genéticas. Además, agregan que aunque es conveniente considerar las tres fuentes de variación en forma separada, en la naturaleza actúan simultáneamente, a menudo en interacciones complicadas.

Experimentos bien diseñados (repeticiones, aleatorización, selección cuidadosa del sitio) pueden reducir el efecto del ambiente, pero no es posible eliminarlo completamente.

La conciencia cada vez más generalizada sobre la importancia de los bosques y su conservación ha supuesto el inicio de múltiples acciones encaminadas a su conservación y aprovechamiento sostenible. Aicher (2002), plantea que desde finales del siglo XIX muchos especialistas difundieron la idea de conservar los bosques mediante su "*wise use*" es decir considerando su sabiduría. Este aprovechamiento sabio constituyó mucho tiempo un paradigma basado en la concepción, que la sociedad obtiene mayores beneficios de un bosque sujeto a explotación económica que de uno virgen y que las ventajas pueden maximizarse mediante una planificación racional.

Los trabajos de conservación de recursos genéticos forestales se iniciaron hace más de 50 años, bajo la coordinación general de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) y la FAO. Sin embargo a pesar de los muchos esfuerzos por preservar los recursos forestales, la reducción de los mismos es alarmante y la deforestación incesante se ha convertido en un fenómeno mundial, que afecta especialmente a los países en desarrollo (Hechavarría, 2005).

Según FAO (1984), citado por Álvarez (1998), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, define que la conservación no es más que: Manejo del uso humano de la biosfera de tal forma, que pueda producir los mayores beneficios sostenibles para las generaciones presentes, en tanto mantiene su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. En consecuencia, con respecto a los bosques y al contenido de sus recursos genéticos, la conservación implica un manejo prudente y planificado de los recursos y no meramente la protección y prevención exclusiva de cualquier uso.

Ledig (2004), plantea que conservación significa reducir la presión sobre los recursos. También Loo (2004), en términos genéricos de dasonomía, agrega que la conservación se puede definir como el uso adecuado e inteligente y aborda que quizás en ninguna parte esta definición es más apropiada que dentro del contexto de los recursos genéticos forestales. Un uso inteligente de los recursos genéticos significa que evitemos agotar la variabilidad natural

existente, a un punto en el cual el potencial adaptativo de la población o especie se pierda.

La conservación de los recursos genéticos es un problema emergente a nivel mundial. La diversidad es importante como un fundamento para el cambio genético, constituyendo el ingrediente esencial que permite a la especie adaptarse a los ambientes cambiantes (Loo, 2004).

Ledig (1986), refiere tres razones para conservar los recursos genéticos:

- Vulnerabilidad genética de los cultivos domesticados a plagas y clima.
- Valor económico potencial, y
- Pérdida de diversidad por extinción, la cual puede reducir la estabilidad de ecosistemas enteros.

Para poder conservar los recursos genéticos forestales es requisito indispensable definir cuáles son sus componentes, así como los métodos a emplear.

Álvarez (1998), plantea que en Cuba la conservación se aborda en cuatro dimensiones con las especies arbóreas forestales, ecosistemas y en menor escala las poblaciones, procedencias, e individuos. Con respecto a los ecosistemas son conservados mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuya administración está compartida actualmente por el Ministerio de la Agricultura y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Los ecosistemas, son sistemas integrados por una comunidad biológica determinada y el ambiente donde aquella existe, que presentan un grupo de elementos interdependientes que interactúan regularmente, formando un conjunto único. Los ecosistemas de pinares constituyen uno de los principales y de mayor estudio en Cuba por su importancia y valor económico (Álvarez, 1998).

Con relación a las poblaciones, entendida como todas las plantas pertenecientes a una misma especie en el país, se puede decir que Cuba contaba en 1900 con 827 especies arbóreas en áreas forestales, de las que 626 eran autóctonas, 21 naturalizadas y 180 introducidas. El Centro Mundial para el seguimiento de la Conservación, en Octubre de 1995 declara que Cuba tenía registradas 890 especies amenazadas de extinción, de las cuales 94 eran árboles forestales (10.6%). El área Forestal del Ministerio de la Agricultura

emitió una instrucción técnica 01/90, decretando la protección de 109 taxa, de los cuales 13 fueron considerados como amenazadas de extinción, 55 como especies candidatas, 8 como poco conocidas, 25 raras y 8 vulnerables, lo que representa 17.4% del total de especies arbóreas autóctonas registradas en el país (Álvarez, 1998).

La conservación a nivel de procedencias, que representa los diferentes grupos de individuos de una misma especie caracterizados por presentar algunos elementos diferenciales con respecto al resto de la población, los cuales pueden corresponder a aspectos biológicos, ambientales o de ambos tipos, es una actividad desarrollada exclusivamente por el Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), mediante las áreas de investigación de genética forestal. Estos trabajos han permitido hasta la fecha la protección de 806 procedencias pertenecientes a las 212 especies conservadas en las colecciones *in vivo*, lo que permite salvaguardar no sólo la diversidad arbórea forestal cubana y tropical, sino también la variabilidad intraespecífica en ella existente (Álvarez, 1998).

La conservación a nivel de individuos, es un nivel que está formado por plantas que por razones especiales sea de interés conservar, es también una actividad desarrollada por el IIF, a partir de las generaciones parentales seleccionadas para el desarrollo de los programas de mejoramiento genético arbóreo. En tal sentido, hasta 1990 se habían seleccionado en el país 1 964 árboles, de los que 806 están protegidos en bancos clonales (55.4%), quedando por conservar 648 árboles, pues 260 corresponden a los árboles plus de *Pinus tropicalis*, que hasta el momento no es posible incluir en Bancos Clonales. Esta actividad requiere una atención prioritaria por el alto valor genético y económico acumulado en el material a conservar (Álvarez, 1998).

Por otra parte los métodos de conservación empleados en Cuba se dividen en dos grandes categorías: conservación *in situ* y conservación *ex situ* (FAO, 2002).

Gil (2003), plantea que la conservación de los recursos genéticos bajo las condiciones propias de su hábitat natural, ya sea en bosques productivos o en áreas protegidas, se denomina conservación *in situ*.

La conservación *in situ* del recurso mediante su preservación en condiciones naturales, para lo cual pueden emplearse las áreas protegidas, masas

semilleras naturales, árboles plus seleccionados en áreas naturales para los programas de mejoramiento genético y las áreas naturales donde hayan sido localizadas especies amenazadas de extinción tiene una singular importancia (Álvarez, 1998).

Loo (2004), también se refiere al tema en cuestión y plantea que *in situ* significa que las poblaciones son conservadas o manejadas en su hábitat natural y que estas incluyen áreas manejadas a través de regeneración natural de especies nativas, así como también parques naturales u otras reservas protegidas.

Soekotjo y Bart (2001), plantean que la conservación *in situ* de una especie y de su diversidad genética dentro de las reservas naturales, es necesaria para la conservación exitosa, a largo plazo, del caudal de genes silvestres de las especies arbóreas. Además, las áreas de conservación *in situ* sirven tanto como un punto de referencia y como una fuente de materiales en el diseño e implementación de proyectos de reintroducción y restauración ecológica.

Según Forest Genetic Resource Working Group (1991), los métodos de conservación *in situ* presentan las siguientes características:

- Todas las clases de edad de las especies objetivo se mantienen dentro del ecosistema en el cual ellas evolucionaron.
- El uso de la tierra de los sitios es limitado a aquellas actividades que no tendrían efectos detrimentales sobre las especies objetivo.
- La regeneración de las especies objetivo ocurre sin la intervención humana, o la intervención se limita a prácticas de corto plazo diseñadas para disminuir los factores detrimentales.

Los métodos de conservación *ex situ* del recurso mediante su preservación en áreas que no son las de su ubicación original, considerándose en esta categoría las áreas experimentales de genética forestal, arboretos, jardines botánicos y los bancos de germoplasma. Entre las áreas experimentales están consideradas las pruebas de Introducción de Especies, pruebas de Procedencias, Progenies, Bancos de genes o Clonales, los Huertos Semilleros Clonales o de brinzales y las áreas de enriquecimiento de especies amenazadas de extinción (Álvarez, 1998).

Loo (2004), alega que *ex situ* significa que el material genético es almacenado o manejado lejos de su hábitat natural.

Una crítica común a la conservación *ex situ* es que ésta no permite la adaptación a las condiciones cambiantes de un ambiente natural (Yang y Yeh, 1992; Li y Bousquet, 1992).

La conservación de recursos genéticos *in situ* es más realista en general que la preservación por métodos *ex situ*, porque la conservación *in situ* es compatible con algunos usos de los bosques (Forest Genetic Resource Working Group, 1991).

La conservación *in situ*, en general, tiene la ventaja de conservar la función de un ecosistema y no sólo sus especies. Esto significa que los programas *in situ* para la conservación de ciertas especies elegidas se traducen con frecuencia en la valiosa conservación de una serie de especies de animales y vegetales asociadas (Thomson; Graudal y Kjaer, 2002).

Álvarez (2002), en el informe de país se refiere al tema en cuestión donde aborda que una estrategia de conservación de la biodiversidad de los bosques debe ser parte de un sistema general de protección de la naturaleza, lo cual constituye un proceso continuo en la relación entre la población y la naturaleza. Tal proceso empieza con bosques primarios protegidos y reservas estrictas y continúa con bosques productivos y administrados hasta plantaciones madereras y plantaciones que utilizan especies genéticamente mejoradas y producción clónica. Actualmente la silvicultura tiene a su disposición un instrumento operacional “la gestión forestal sostenible” para mantener y desarrollar la biodiversidad en todos los bosques, y no sólo en las zonas forestales protegidas.

Álvarez (2002), agrega que Cuba es uno de los 160 países firmantes de la Convención sobre la Diversidad Biológica y en consecuencia concluyó el Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba en 1996, coordinado y ejecutado por el Centro Nacional de Biodiversidad (CeNBIO) adscrito al Instituto de Ecología y Sistemática (IES) de la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Concluido el Estudio Nacional se presentó una segunda etapa, concerniente a la Estrategia Nacional y al Plan de Acción para la Diversidad Biológica de la República de Cuba, que también ha sido coordinado y ejecutado por CeNBIO. Cuba a pesar de las limitaciones económicas por las que atraviesa, puede contribuir de manera decisiva a

estos esfuerzos, con la implementación y desarrollo de la Estrategia y Plan de Acción para la Diversidad Biológica de la República de Cuba, para ayudar a establecer patrones de conservación y manejo de la diversidad biológica, asociados a la singularidad y representatividad de los recursos naturales que se localizan en el archipiélago cubano, lo que permitirá contribuir a una mejor integración de nuestro país en el marco internacional de la conservación de la Diversidad Biológica. La Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica de la República de Cuba se fundamenta en tres pilares básicos: conservar, conocer y utilizar sosteniblemente la diversidad biológica, para lo cual se han identificado aspectos importantes a tener en cuenta en la materialización del Plan de Acción Nacional, a través de acciones relacionadas con medidas de conservación *in situ* a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), complementados por la conservación *ex situ*, la rehabilitación y restauración de ecosistemas degradados, el desarrollo de programas y proyectos científico técnicos de estudio, educación y monitoreo de la diversidad biológica, la educación ambiental, la participación ciudadana, el ordenamiento jurídico, los incentivos económicos, la cooperación intersectorial, el uso de sistemas sostenibles de manejo, los programas de biotecnología, el fortalecimiento institucional y la cooperación internacional. Es importante destacar que aunque existe una estrategia nacional para la diversidad biológica que aborda objetivos comunes enfocados al principio de sostenibilidad es necesario encaminar estrategias para aquellas especies forestales que presenten problemas con su conservación, como es el caso de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

2.3.2 Categorías de conservación en Cuba. Situación actual de las Áreas Protegidas.

Las áreas protegidas constituyen un componente importante en el mantenimiento *in situ* de la diversidad biológica y los recursos genéticos (Yanchuk, 2001).

Las Áreas protegidas son territorios que de acuerdo a la legislación están especialmente consagrados a la protección de los valores originales de la Diversidad Biológica, los paisajes, y el patrimonio cultural asociado a estos. A diferencia de la conservación *ex situ*, las Áreas protegidas tratan de proteger

los valores del patrimonio natural en el propio sitio donde se hallan. Ellas atesoran los valores más representativos y sobresalientes del patrimonio natural de la nación (CITMA, 2004).

Por su parte la UICN (1994), expone que las áreas protegidas son áreas especialmente dedicadas a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y de los recursos culturales asociados, y ordenadas bajo medidas legales u otras de carácter efectivo.

A nivel mundial se han establecido alrededor de 30 350 áreas protegidas, que comprenden el 8.8% de la superficie terrestre mundial (UICN, 1998). Estudios recientes realizados por 10 países en desarrollo con grandes recursos forestales determinaron que solo un porcentaje de las áreas forestales protegidas están seguras, más del 20% sufren degradación, y el 60% está, actualmente segura pero tendrán probablemente amenazas en un futuro próximo (Dudley y Stolton, 1999).

Las amenazas a las áreas protegidas son diversas e incluyen la agricultura y el sobrepastoreo, operaciones forestales ilegales, cacería ilegal, extracción ilegal de plantas, invasión por asentamientos humanos, minería, incendios, contaminación y cambios climáticos y especies invasoras. El Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza ha aportado pruebas de explotaciones ilegales en más de 70 países, incluyendo muchas operaciones en áreas protegidas que han sido especialmente elegidas (Carey *et al.*, 2000).

Para lograr una eficiente protección y conservación de la naturaleza y de los valores y recursos histórico-culturales asociados a la misma, resulta necesario promover la protección especial de ecosistemas y hábitat naturales de alta diversidad genética o frágiles, de las especies, de los procesos evolutivos y de los recursos genéticos. Es por este motivo principal que se establecen las áreas protegidas, las que ordenadamente relacionadas entre sí, conforman un sistema que permite alcanzar determinados objetivos de conservación a nivel nacional, contribuyendo en la esfera ambiental, económica y social, al desarrollo sostenible del país (CITMA, 2004).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas es un eslabón esencial para garantizar la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica y constituye un objetivo importante de la política ambiental nacional y una

responsabilidad internacional para la República de Cuba, como parte contratante del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CITMA, 2004).

La Ley de Medio Ambiente, del 11 de julio de 1997, establece los objetivos básicos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, asignándole la responsabilidad al CITMA, de dirigir y controlar las actividades relacionadas con estas áreas, su gestión ambiental integral en el ámbito nacional, su dirección técnica y metodológica y de velar por el cumplimiento de los objetivos por los cuales fueron declaradas como protegidas (CITMA, 1997).

Según CITMA (2004), existen diversas vías para garantizar la protección y conservación del patrimonio natural. Una vía es la conservación *ex situ* que está dirigida a preservar una especie fuera del medio donde naturalmente ella habita, pero la vía más importante y viable a largo plazo para garantizar la conservación de las especies, los ecosistemas y paisajes, es estableciendo medidas tales como: introducir prácticas de uso sostenible, rehabilitar los ecosistemas y hábitat degradadas, promulgar leyes para proteger la especie en peligro y facilitar el establecimiento de áreas protegidas.

El Sistema de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP), cubre aproximadamente 9.72% del territorio nacional si se consideran solamente las áreas de categoría de manejo estrictas y de significación nacional (Reservas Naturales, Parques Nacionales, Reservas Ecológicas, Reservas Florísticas Manejadas, Refugios de Fauna, Elementos Nacionales Destacados y Paisajes Naturales Protegidos) y 22% cuando se tiene en cuenta las áreas de significación local y las Regiones especiales de Desarrollo Sostenible que incluyen los cuatro macizos montañosos, la Ciénaga de Zapata y las cayerías de Sabana Camagüey y Jardines de la Reina. El SNAP tiene 263 áreas propuestas de las cuales 79 son de significación nacional y el resto de significación local. La superficie de las áreas protegidas de significación nacional constituye el 87% de la superficie total propuesta para el SNAP. Son las más representativas y por tanto poseen los ecosistemas más completos y mejor conservados, así como los mayores valores naturales del país (CITMA, 2004).

Se estima que el 16.1% del territorio nacional (81 845. 767 ha) se encuentra considerado dentro de las 263 áreas protegidas existentes (CITMA, 2004).

El territorio pinareño posee una gran diversidad paisajística y biológica, donde existe un alto endemismo florístico y faunístico, con importantes valores de la flora, la fauna, históricos, culturales y arqueológicos.

Según Acosta (2005), especialista de áreas protegidas de la Delegación Territorial del CITMA en Pinar del Río, plantea que existe un total de 34 áreas protegidas, aprobadas en 1997 por la Resolución Conjunta de la Administración Provincial y tres aprobadas por el Consejo de Ministros, el 18 de Diciembre del 2001 (Parque Nacional Viñales con un total de 11 120 ha; Parque Nacional Guanahacabibes con 39 830 ha de extensión y la Reserva Florística Manejada Sabanalamar San Ubaldo de 5 212 ha de superficie).

El sistema provincial está integrado de la siguiente manera (Tabla 2).

Tabla 2. Sistema provincial de áreas protegidas en Pinar del Río.

Categoría de manejo	Cantidad	Superficie (ha)
Reserva Natural	9	13 830.0
Parque Nacional	2	50 950.0
Reserva Ecológica	4	2 135.0
Reserva Florística Manejada	10	11 118.0
Refugio de Fauna	5	1 732.0
Elemento Natural Destacado	1	10.0
Paisaje Natural Protegido	0	0.0
Áreas Protegidas de Recursos Manejados	3	143 842.0
Total	34	239 297.0

Fuente: CITMA, 2004.

Pinar del Río presentó en el 2003 cuatro áreas compatibilizadas, las que están en fase de circulación y aprobación por el nivel nacional para ser aprobadas por el Consejo de Ministros, siendo: Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (Área Protegida de Recursos Manejados), Reserva de la Biosfera Península de

Acosta, M. 2005. Comunicación personal. Especialista de Áreas Protegidas. Delegación territorial del CITMA. Pinar del Río.

Guanahacabibes (Área Protegida de Recursos Manejados), Mil Cumbres (Área Protegida de Recursos Manejados) y Los Petriles (Reserva ecológica). Actualmente se cumplen los planes Operativos y de Manejo implementados en las áreas protegidas aprobadas por el Consejo de Ministros, los que constituyen la herramienta de trabajo fundamental y el instrumento rector que regula el manejo de los recursos del área, teniendo en cuenta la categoría de manejo que ostenten. Cuenta además con una Región Especial de Desarrollo Sostenible, el macizo de la provincia. En él se encuentran 18 áreas protegidas que cubren el 7% de la superficie provincial. Existen dos Reservas de Biosfera, declaradas por la UNESCO las cuales son: la Península de Guanahacabibes y Sierra del Rosario, en las cuales se desarrolla un amplio trabajo de Educación Ambiental con todos los involucrados y se ejecutan proyectos encaminados a la protección y conservación de los recursos, en aras de lograr el desarrollo sostenible, en sitio de Patrimonio de la Humanidad (CITMA, 2004).

Capítulo 2. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

2.1 Introducción

Según Toledo (2004), durante las dos últimas dos décadas, la biodiversidad puede considerarse como el tema de moda en todo lo relacionado con la conservación. Esto es lógico, pues si se quieren conservar determinados animales y plantas, hay que saber con lo que se cuenta en determinada región, ya sea por parte de un continente o de una isla. La mayor diferencia existe entre los animales que pueblan las islas, en relación con los que lo hacen en continentes, es la fragilidad.

Baena *et al.* (2003), afirman que la diversidad biológica es la base de la vida en la tierra y el fundamento de la agricultura y la economía. El hombre percibe de la biodiversidad múltiples beneficios, siendo el más importante la gran variedad de plantas de las que obtiene alimentos, medicinas y vivienda. A pesar de su gran magnitud, la diversidad biológica es finita y se está reduciendo por la sobreexplotación a la que la hemos sometido. Esto ha causado el deterioro y destrucción de muchos hábitats y la desaparición de especies, limitando así la disponibilidad de los recursos y poniendo en peligro la subsistencia de las generaciones presentes y futuras. Frente a esta amenaza para la supervivencia y calidad de vida, se necesita conservar la diversidad vegetal para contar con la mayor cantidad posible de recursos que permitan recuperar los hábitats destruidos, mejorar los cultivos y asegurar suficiente alimento para una población en continuo crecimiento. Conservar la diversidad vegetal implica mantenerla evolucionando para que genere nueva diversidad. Esto sólo se logra manteniendo las poblaciones vegetales en su ambiente natural, es decir, en los sitios donde se originaron o donde han desarrollado sus características. La biodiversidad o diversidad biológica comprende el conjunto de seres vivos y los ecosistemas en que habitan (Baena *et al.*, 2003).

Según Ordieres (2003), durante el último cuarto del siglo pasado, el hombre fue tomando conciencia de la agresión a la que estaba sometiendo el medio en que se desarrolla y dio los primeros pasos para detener tal deterioro.

FAO (2002), plantea que se vive en un mundo donde se confía ciegamente en la idea de que la ciencia y la técnica (con la alta tecnología que solo tienen algunos países) pueden resolver la carga de problemas causados al medio ambiente. Sin pensar que la mayoría de los países aún cuentan con la adopción de modelos de desarrollo que en diversas ocasiones no han sido conscientes con la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural.

Los bosques son mucho más que fábricas de madera, este podría ser el lema en un futuro en el que la madera pasará a ser cada vez más un subproducto de la ordenación sostenible para la conservación forestal. Mucho se puede hacer, y seguramente se hará; desde la educación ambiental en todos los niveles y desde los enfoques culturales de aquellos procesos que sirvan para sensibilizar a los decisores y a la población en general. A nivel mundial solo el 6% de los bosques naturales disfrutan de protección legal, con grandes diferencias regionales de 9% en América y 2% en Europa. Pero a menudo esos bosques solo están preservados en el papel. Muchos de ellos sufren estragos por la explotación irracional e ilimitada del hombre y por las actividades ilegales (Bequette, 1998).

La protección es una herramienta encaminada a resguardar y conservar los recursos naturales y culturales, mediante estrategias integrales que garanticen la adecuada conservación de los mismos (Ballester, 1998).

Según Betancourt y Villalba (2004), en la actualidad la existencia y cuidado de los bosques no obedece a simples razones de producción, por importantes que estas sean, sino a la necesidad de contar con abundantes y bien distribuidas superficies forestales, ya que representan un papel esencial en el equilibrio biológico y social de su territorio.

La política del estado en el sector está orientada a disminuir progresivamente las intervenciones de carácter económico en los bosques naturales e incrementar los volúmenes de aprovechamiento en las plantaciones. No obstante, se sabe, que por la diversidad de productos maderables y no maderables que poseen y su extensión, las formaciones boscosas naturales serán fuente de producciones muy necesarias para la sociedad. Actualmente el peso de las producciones de madera en formaciones naturales en el país es aproximadamente de 60%. La tendencia deseada de extracción de productos forestales en bosques naturales debe ser decreciente hasta llegar a cero. Se

espera que la importancia económica de los bosques en el ámbito mundial recaiga cada vez más en sus productos no maderables y fundamentalmente en sus funciones económicas (Herrero, 2004).

Uno de los primeros retos en Latinoamérica es la incorporación de la conservación como una prioridad económica y social para el desarrollo sostenible. El artículo 27 de la constitución de la República de Cuba dice textualmente: El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora y la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza (Constitución de la República de Cuba, 1992).

La sustentabilidad implica lograr patrones de desarrollo y estilos de vida, que permitan resolver las necesidades actuales, sin comprometer la posibilidad de que las próximas generaciones, puedan también satisfacer las suyas, incluso aquellas que aún sean desconocidas. Para ello, se requiere que las acciones grandes y pequeñas, logren un equilibrio que beneficie, al mismo tiempo y de forma permanente, el ambiente, la economía y la sociedad (Cruz, 2002).

Aunque se debe buscar la forma de medir los avances hacia la sustentabilidad hay que tener en cuenta que es algo que no está en las cifras. Se puede realizar una actividad que sea rentable económicamente, pero es en el cambio de la actual forma de pensar de las personas que cumpliendo diferentes funciones, donde está el mayor reto para alcanzar un desarrollo sustentable (Cruz, 2002).

De otro modo se interpreta que al desarrollo sustentable, le resultan inherentes: la posible única opción viable para salvaguardar a la humanidad, la adopción de una nueva ética humana para con la naturaleza, un motivo de solidaridad intergeneracional, una teoría humanista y progresista, el sentido de responsabilidad por salvar las condiciones que sustentan la vida en el planeta, un móvil para la paz y la estabilidad mundial, una alternativa sensata a los modelos existentes de desarrollo y la globalización de la solidaridad ambiental (Jaula, 2002).

CITMA (2004), señala que la ausencia de una cultura ambiental es un problema urgente a resolver a nivel mundial. En este país no ha sido menos importante la reflexión en torno al tema, teniendo en cuenta la realidad económica.

Jaula (2002), plantea que el compromiso con la restauración, mantenimiento y la protección del ambiente, se debe ver como un proceso de desarrollo integral, interdisciplinario y planificado, siempre teniendo en cuenta las realidades socioeconómicas, con la participación de los involucrados en el proceso de planificación, desarrollo y mantenimiento, con la búsqueda continua de soluciones sostenibles a los problemas de desarrollo económico y de protección ambiental.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible con sede en Johannesburgo se realizó bajo la premisa del “Desarrollo Sostenible” sintetiza además, en este concepto, una visión más integral y abarcadora de desarrollo, sustentado en tres pilares fundamentales: lo económico, lo social y lo ambiental.

La sostenibilidad de un mundo tan cambiante se ve comprometida por la disminución de los bosques para disponer de más tierras para incrementar los cultivos de alimentos, materia prima para las industrias, madera y leña. Sin la protección de los bosques, los suelos se erosionan y se hacen menos profundas; presas y lagos se secan por sedimentación; disminuye la fijación del anhídrido carbónico, aumenta el calentamiento de la Tierra y se reduce la biodiversidad. Los bosques continuarán desapareciendo en el próximo período sin que por ahora se cuente con formas verdaderamente seguras de evitarlo; entre las formas más eficaces que se presentan para disminuir esa destrucción están su explotación y desarrollo ordenado; y las prácticas de manejo sostenible. La ordenación forestal sostenible puede definirse como la explotación de la madera en una tasa media anual que no supere a la que incrementa el bosque; también como el sistema que permite el uso múltiple de los bosques en forma que no se sacrifique su capacidad total de producir madera y otros productos (Jaula, 2002).

Si para alcanzar los niveles de desarrollo que hoy ostenta la humanidad, ha sido necesario transitar por procesos históricos matizados por las revoluciones industriales y científico técnicas, no resulta descabellado afirmar, que para acceder al desarrollo sostenible, habrá que transitar por una revolución

ambiental; que a diferencia de sus precedentes, obedecerá a la evolución ambiental del pensamiento humano, debido a lo cual sólo sería alcanzable a un imprevisible lapso de tiempo, en tanto que desaparezcan las condiciones que han propiciado el actual anti-desarrollo que prevalecerá aún por mucho tiempo en el planeta Tierra (Jaula, 2002).

El saber humano como base elemental mínima para su accionar, debe conocer sobre la estructura, organización y funcionamiento de los sistemas ambientales, y sólo en consecuencia con ello, diseñar las formas de intervención acordes con la necesaria y pertinente armonización con el ambiente, sin menoscabo de su equilibrio dinámico y evolutivo, con lo cual se garantizaría el normal intercambio de materia, energía e información entre los componentes bióticos y abióticos del ambiente y en consecuencia, el respeto de la capacidad de sustentabilidad del ambiente y por supuesto de la capacidad de renovación de los servicios que presta al ser humano (Jaula, 2002).

Según Moreno (2001), son muy escasos, si es que existe alguno, los sitios en el planeta donde el medio ambiente y la calidad de vida no hayan estado sometidos a un progresivo deterioro; ello es el resultado de sistemas de desarrollo que no fueron bien seleccionados o al menos, no se le concedieron la importancia requerida a la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y al hábitat del hombre en general.

El desarrollo sustentable se presenta como la opción más sugestiva para enmendar los errores cometidos, pero la verdad es que la población conoce poco del tema y mucho menos es consciente de la dependencia existente entre sus actividades y el ambiente en que las realiza. Ese es el resultado de la pobre información recibida en temas ambientales en la educación regular y en los medios masivos de divulgación; sin embargo, no puede tomar conciencia de la noche a la mañana de que tiene que preservar el medio donde vive (Moreno, 2001).

Por eso no resulta raro encontrar en los diarios escritos y en los noticieros de la radio y la televisión, titulares que resaltan acciones realizadas para conservar el medio ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad; junto a otros que resaltan la “recuperación” para la agricultura o la ganadería de terrenos que permanecían cubiertos de “bosques improductivos” (Moreno, 2001).

Según Brito (2000), en Cuba al igual que en otros países en desarrollo, se observan afectaciones a la diversidad biológica debido a la antropización, lo que trae como consecuencia que se hayan modificado muchos hábitats naturales para su uso. Sin embargo, en la actualidad se hacen esfuerzos y toman medidas encaminadas a un desarrollo sostenible, con la conservación de los recursos naturales y la recuperación de los que se han degradado. Los ecosistemas más amenazados en Cuba son: los Ecosistemas costeros, Bosques húmedos tropicales, Humedales, Ecosistemas de agua dulce, Pinares y Matorrales secos (sobre caliza o serpentinita).

Este mismo autor plantea que en la actualidad, de seguir operando los procesos antropógenos que provocan la pérdida de especies, se extinguirá el 25% de las especies existentes (entre 50 y 60 000 especies), en los siguientes 50 o 60 años, lo que equivaldría a 1 000 especies por año; 40 000 veces más rápido que en toda la larga historia de la vida sobre el planeta. Agrega que una cantidad estimada en 34 000 especies de plantas, y 5 200 especies de animales; incluyendo una de cada 8 especies de aves del mundo, estarán en peligro de extinción. La flora cubana también se encuentra sometida a estas amenazas, pero con la agravante de que más del 51% de las especies son endémicas.

Los impactos más importantes provocados por las actividades desarrolladas por el hombre sobre los ecosistemas son: la destrucción y fragmentación de hábitat, los cambios climáticos, la contaminación, las especies introducidas y la sobreexplotación (Leal, 2000).

Por esta razón se hace necesario encaminar estudios hacia el establecimiento de sitios de conservación. Se plantea que cada área preseleccionada se evalúa en términos de calidad como hábitat para conservar por tiempo indefinido, contenido de diversidad objetivo, condiciones edafoclimáticas y costo relativo de convertirla en sitio de conservación.

Un sitio de conservación debe tener la mayor diversidad genética y morfológica posible, grandes poblaciones o poblaciones cuyo tamaño se pueda incrementar fácilmente, el mayor rango posible de condiciones eco geográficas, condiciones que aseguren la conservación a largo plazo y un costo de adecuación y mantenimiento favorable en comparación con otras posibles áreas. Estas

características sirven de punto de referencia tanto para seleccionar como para verificar la selección de sitios de conservación (Baena *et al.*, 2003).

El objetivo de caracterizar las poblaciones es determinar el estado en que se encuentran y definir el tamaño conveniente para mantenerlas en equilibrio. Consiste en determinar cómo se distribuyen las poblaciones dentro del ecosistema, qué especies contienen y cómo se reproducen. Para saber si las poblaciones están concentradas o dispersas habrá que hacer visitas exploratorias al ecosistema y complementarlas con la información existente (Baena *et al.*, 2003).

En este sentido, según Leal (2000), plantea que el primer paso para conservar es conocer lo que existe y cual es su estado.

IPGRI (2003), señala que la decisión de conservar *in situ* resulta de identificar una fracción de biodiversidad de valor para el hombre que está amenazada o se está perdiendo. El deterioro de un ecosistema natural se manifiesta en la reducción de las poblaciones que lo componen, especialmente en la pérdida de especies nativas, a causa de la tala y quema de vegetación, y de la contaminación de suelos y aguas. Se le conserva porque mantiene la diversidad en evolución y equilibrio para generar nueva diversidad biológica.

Para Baena *et al.* (2003), el estado del ecosistema se determina evaluando los ambientes y las poblaciones. Los ambientes se evalúan en términos de cantidad de biomasa, materias orgánicas y nutrientes que producen, cantidad y calidad del agua que circula y características físicas, químicas y biológicas del suelo. Las poblaciones se evalúan en términos de tasa reproductiva, número de individuos, dispersión y colonización, presencia o ausencia de especies nativas e invasoras y grado de erosión genética de las especies. El resultado de estas evaluaciones indica si el ecosistema está en equilibrio, si está en equilibrio pero amenazado o si se ha deteriorado.

En un ecosistema en equilibrio la diversidad genética se mantiene o incrementa, las poblaciones se reproducen, las zonas núcleo se expanden y el ambiente (suelo y agua) es estable y propicio. Conservarlo consistirá en evitar que sus componentes se alteren, tomando medidas como restringir el acceso a las zonas núcleo, evitar el efecto de actividades nocivas y concientizar a las poblaciones locales para que colaboren en la conservación. Puede ocurrir que el ecosistema esté en equilibrio pero que se hayan detectado actividades que

lo deterioren, como la explotación maderera y minera, la agricultura y la urbanización. En este caso será necesario determinar qué efecto tendrán estas actividades, si ese efecto se puede evitar o revertir, y solicitar que responsables y autoridades pertinentes tomen las medidas necesarias (Baena *et al.*, 2003).

Un ecosistema deteriorado muestra poblaciones reducidas, especies foráneas, pérdida de especies nativas, suelos y aguas deteriorados o contaminados y zonas núcleo fragmentadas. Estas alteraciones ocurren como resultado de la explotación agrícola, pecuaria o industrial dentro o cerca de la reserva, o de la urbanización. Si este es el caso, el equilibrio se restablece recolonizando las zonas sin vegetación, reforestando los nacimientos de agua, reintroduciendo las especies perdidas y erradicando las invasoras, descontaminando las aguas y restringiendo las actividades que puedan amenazar el ecosistema (Baena *et al.*, 2003).

La FAO (2005), enfatiza en fortalecer y ordenar con mayor eficacia el manejo de los bosques naturales para ser utilizados como fuente de riquezas y como cobertura de protección, también revela que en los últimos años el tema de la educación forestal viene siendo revisado y sometido a discusión como consecuencia del análisis de ciertos indicadores que revelan dificultades en el sector y se proyecta para promover nuevos esquemas de gestión que permitan fortalecer el papel de las comunidades en el manejo, administración y uso sostenible de las áreas con bosques.

Según Álvarez y Varona (1988), cuando se habla de bosques naturales se hace referencia a cualquier comunidad o biocenosis forestal que no ha sido establecida por el hombre, sino que por las propias fuerzas remanentes de la naturaleza del bosque y que por su valor biológico, ecológico, cultural y económico aconsejan su conservación y mejora.

Los pinares de la provincia de Pinar del Río y de Cuba en general son de gran importancia económica; estos producen madera para múltiples usos y ocupan, por regla general, suelos poco convenientes para la agricultura intensiva. Sin embargo, la producción actual de los pinares está muy por debajo de las posibilidades potenciales debido a la destrucción que sufrieron los mismos en el pasado, como consecuencia de la explotación comercial sin control silvícola, los fuegos, el pastoreo incontrolado y otras prácticas que provocaron una degradación acelerada de los mismos (Samek y Del Risco, 1989). Estos

misimos autores plantean que aunque la provincia de Pinar del Río fue recolonizada relativamente tarde (entre los siglos XVII y XIX), los cambios que produjo el hombre en la naturaleza en el curso de pocos siglos son enormes. Teniendo en cuenta la importancia de los recursos forestales para la sociedad cubana, las realidades y necesidades, además de la posición de Cuba refrendada en los numerosos convenios, protocolos y reuniones que a nivel internacional tienen lugar relacionados con los bosques y la protección del medio ambiente, la política forestal del Estado se reafirma y se hace cada vez más certera en la implementación de métodos y técnicas para el logro del manejo forestal sostenible. El estado cubano ha brindado todo el apoyo posible al uso, cuidado y conservación de los bosques, incluso en los períodos económicamente más difíciles del país (Herrero, 2004).

2.2 Materiales y métodos.

2.2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.

Este trabajo se realizó en áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, evaluando un total de 8 poblaciones pertenecientes a Cajalbana, Marbajita, La Jagua, Galalón, Viñales, Sabanalamar, Pinar del Río y La Güira. Las mismas se encuentran distribuidas geográficamente en la parte norte, centro y sur de la provincia de Pinar del Río, la más occidental de Cuba (Figura 1), encontrando un mayor número de áreas en la parte norte de la provincia.

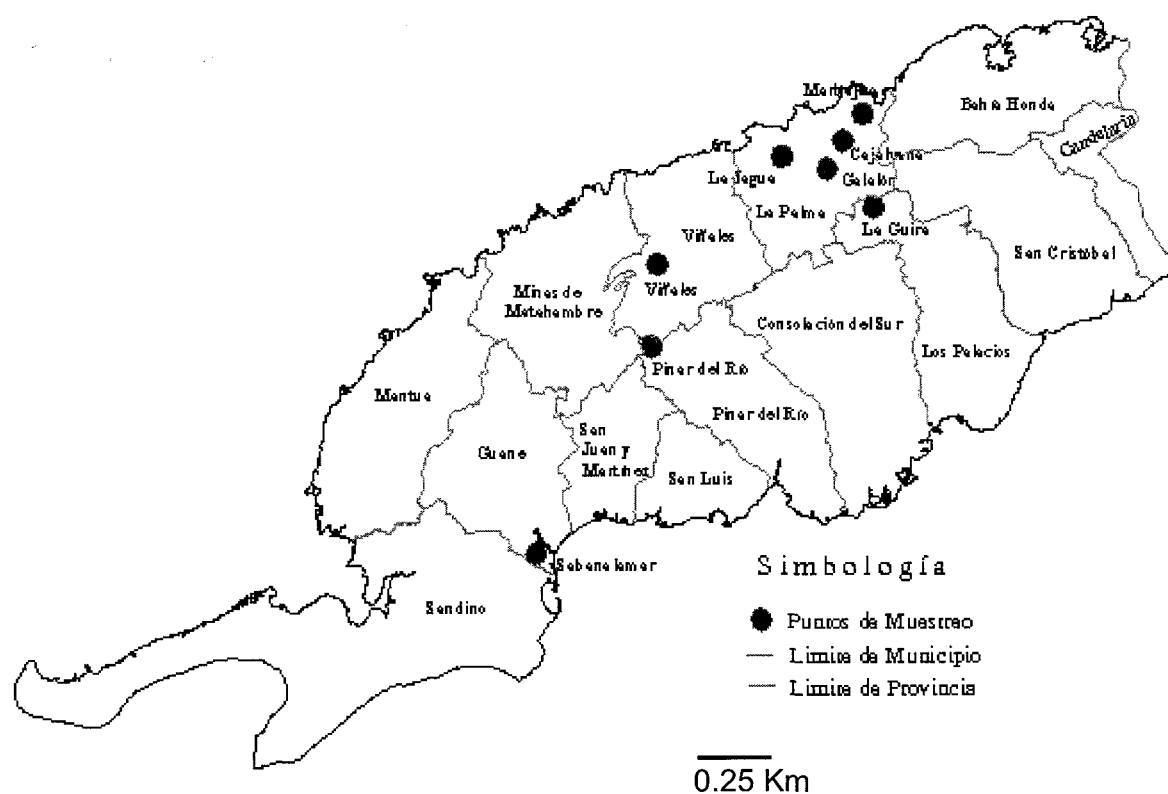


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo.

La Tabla 3 muestra las coordenadas geográficas de cada una de las localidades muestreadas.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de las localidades de estudio.

Localidades	Coordenadas geográficas		
	Latitud (m)	Longitud (m)	Altitud (msnm)
Cajalbana	22° 41'	83° 34'	464
Marbajita	22° 34'	83° 32'	150
La Jagua	20° 40'	83° 45'	110
Galalón	22° 40'	83° 30'	150
Viñales	20° 40'	83° 45'	200
Sabanalamar	22° 05'	84° 15'	38
Pinar del Río	22° 20'	84° 00'	196
La Güira	22° 40'	83° 37'	110

2.2.2 Toma de información sobre dinámica de los bosques naturales de la especie.

Para caracterizar la dinámica forestal de la especie, se tomó información de los registros del Servicio Estatal Forestal (SEF), en las 8 Empresas Forestales Integrales (EFI) que integran el sector en la provincia Pinar del Río (Bahía Honda, Costa Sur, La Palma, Pinar del Río, Minas de Matahambre, Viñales, Guanahacabibes y Macurije), en un período de seis años, desde el 2000-2005. Posteriormente, se procedió a tomar información detallada en las EFI que cuentan actualmente con patrimonio natural de la especie (Viñales, La Palma y Pinar del Río), debido a que en la dinámica del SEF, los bosques naturales se registran por formación de pinares, y no a nivel de especie.

Para obtener las informaciones necesarias se auxilió de los registros de Ordenación Forestal de cada una de las empresas, en los diferentes años de evaluación, y se obtuvo, datos históricos de superficie de la especie, superficie actual de cubierta, superficie de tala, afectaciones por incendios forestales, datos de utilización de los volúmenes maderables en los bosques naturales de la especie en los últimos seis años e incrementos dasométricos de la especie.

También, como parte de la dinámica, se obtuvo informaciones sobre el patrimonio genético de la especie, a través de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río, visitando los huertos semilleros, bancos clonales y masas semilleras de la especie y evaluando el estado actual de bueno, regular y malo, en dependencia del grado de antropización.

2.2.3 Metodología para la evaluación del estado actual de conservación de las masas naturales de la especie.

El estado de conservación de las poblaciones de estudio se evaluó a través de descripciones de la masa, donde se establecieron los siguientes criterios: grado antropogénico, estructura de la vegetación (clases diamétricas, niveles del vuelo arbóreo y composición de la vegetación), presencia de talas, presencia de la regeneración natural, estado sanitario y categorías de manejo (áreas protegidas de recursos manejados, reservas florísticas de manejo, parques nacionales y áreas experimentales de genética forestal). Para ello se levantaron parcelas cuadradas de 100 m².

El grado antropogénico se describió como bajo, moderado, y de alta antropización, considerando **bajo** aquellos sitios que resultaron con poca o casi ninguna alteración (menos del 5 %), como **moderada**, los que muestran cerca de un 50% de afectaciones por el hombre y **alta** antropización, los que reflejan una gran influencia antrópica (más del 80 %).

La estructura de la vegetación, se evaluó teniendo en cuenta las clases diamétricas, los niveles del vuelo arbóreo y la composición de la vegetación (Lamprecht, 1990 y Louman *et al.*, 2001).

Los niveles del vuelo arbóreo fueron estimados a partir de la clasificación de estructura vertical del vuelo seguida por Leibundgut (1958), citado por Lamprecht (1990), donde plantea que el piso superior presenta una altura mayor de 2/3 de la altura superior del vuelo, el piso medio, una altura mayor que 2/3 y menor que 1/3 y el piso inferior, una altura menor de 1/3 de la altura superior del vuelo.

La composición de la vegetación se describió identificando por cada área las especies dominantes.

Las talas se evaluaron sobre la base de observaciones científicas, al igual que la regeneración natural, identificando regeneración tanto en estado de brinzal y latizal, según lo descrito por (Sáenz y Finegan, 2000).

El estado sanitario se evaluó de bueno, regular y malo, considerando bueno, aquellos rodales que presentan menos del 5 % de la masa con afectación por plagas y enfermedades; regular, cuando se observen de ligeras a moderadas afectaciones en el arbolado y malo cuando gran parte de la masa forestal se encuentre afectada.

Las informaciones sobre categorías de manejo (áreas protegidas de recursos manejados, reservas florísticas de manejo, parques nacionales y áreas experimentales de genética forestal, ya sea en pruebas de procedencias, pruebas de progenies, huertos semilleros y bancos clonales), fueron obtenidas de la Estación Experimental Forestal Viñales, Pinar del Río y (CITMA, 2004).

Con toda esta información se hizo una clasificación de la intensidad de las amenazas percibidas en 5 categorías: muy amenazadas, amenazadas, vulnerable, riesgo reducido y no hay riesgo. Considerando la categoría muy amenazada cuando se cumplen los siguientes supuestos: fuerte acción antrópica, mala estructura de la vegetación, lo cual se corresponde con pequeñas clases diamétricas y poca o ninguna estratificación de la vegetación, también se tuvo en cuenta la presencia de talas, poca o ninguna regeneración natural, que presente afectaciones por plagas y enfermedades y que sus orígenes geográficos no se encuentren conservados bajo alguna forma de conservación, *ex situ* e *in situ*. Las demás categorías fueron consideradas respectivamente, teniendo en cuenta los criterios planteados en orden descendente del daño que ocasiona, definiendo la categoría riesgo reducido, en aquellos sitios que muestren buen grado antropogénico, buena estructura de la vegetación, que no se observen talas, buena regeneración natural, buen estado sanitario y cuando sus individuos estén conservados en más de una categoría.

Todo esto sirvió para estimar y cuantificar el nivel de seguridad de la especie en cada una de las poblaciones estudiadas. Este se determinó a través de una escala de 1 a 5, donde el 1 representa el máximo nivel de seguridad, el 2, medio nivel de seguridad, el 3 bajo nivel de seguridad, el 4 riesgo y el 5 indica

nivel mínimo, considerando que a medida que el nivel se maximiza las amenazas son más suaves, la población está más segura y es menor el riesgo de que ocurran pérdidas inmediatas o a largo plazo y el nivel más bajo es síntoma de un alto riesgo de pérdida genética.

Las categorías de amenaza y los niveles de seguridad fueron representados y ubicados geográficamente en una figura, construida con la ayuda de AutoCAD 2000.

2.2.4 Entrevista aplicada a especialistas del sector forestal.

Se realizó una entrevista a especialistas del sector forestal (Anexo 1), con el objetivo de determinar cuales han sido las principales causas que han provocado la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, determinando el tamaño de la muestra a través del método propuesto por Calero (1976), con un error experimental de 0.10 y un nivel de confiabilidad del 95%, aunque se tomó una muestra mucho mayor para trabajar con mejor efectividad, entrevistando un total de 50 especialistas, los cuales asignan una puntuación que oscila desde 1 hasta 3 por cada causa, considerando el valor 1. con nula incidencia en la pérdida de bosques naturales, el valor 2. con poca incidencia y el 3. indica que la causa incide en la pérdida de estas áreas. El tamaño de la población fue obtenido por la Dirección de Recursos Humanos, Ministerio de la Agricultura (2006).

2.2.5 Procesamiento estadístico.

La información fue procesada utilizando el paquete estadístico SPSS ver. 10.0. Con los datos de la entrevista realizada a especialistas del sector forestal, se determinaron medidas descriptivas (moda, desviación estándar y el coeficiente de variación). También se realizó un dendrograma de acuerdo a los criterios aportados por los especialistas, con el objetivo de formar grupos de similitud y determinar cuales han sido las principales causas que han provocado la pérdida de las áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el ligamiento de promedios de grupos como método de aglomeración.

2.3 Resultados y discusión.

2.3.1 Dinámica de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La Tabla 4, representa la superficie forestal de plantaciones en (ha) de cada empresa, en el período evaluado (2000-2005), observándose una gran superficie de plantaciones de la especie en todas las áreas de patrimonio de las empresas, con excepción de Bahía Honda, que tradicionalmente se ha caracterizado por presentar poca superficie cubierta por la especie.

Tabla 4. Superficie de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, por ha, en el período 2000-2005.

Empresas	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Macurije	26 056.40	25 462.90	25 571.00	26 049.20	26 791.20	26 873.40
La Palma	5 769.50	5 831.95	5 783.00	5 859.30	6 375.20	5 114.60
Minas Matahambre	15 546.10	15 640.00	15 905.00	16 043.00	16 155.70	17 250.40
Viñales	10 538.4	10 578.4	10 531.4	10 306.3	10 333.9	11 781.1
Costa Sur	583.58	735.70	760.30	839.70	841.10	271.78
Bahía Honda	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	15.00
Pinar del Río	776.10	785.60	772.00	755.90	791.60	565.84
Guanahacabibes	1 498.10	1 292.30	1 172.30	1 055.20	1 004.50	940.9

Fuente: Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. 2005.

2.3.2 Dinámica de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

2.3.2.1 Superficie cubierta por formación de pinares.

En la Tabla 5, se presenta la superficie cubierta de bosques naturales, por formación de pinares en la provincia de Pinar del Río, en un período de 6 años.

Tabla 5. Superficie cubierta por formaciones de pinares, por ha, en el período 2000-2005.

EFI	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Macurije	9 877.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6	9 842.6
La Palma	6 408.7	6 180.9	5 851.5	5 547.1	5 223.7	5 052.8
Minas	15	15	15	15	15	15
Matahambre	346.3	751.3	777.3	777.3	763.3	683.8
Viñales	7 978.6	7 978.6	7 978.6	7 978.6	7 928.1	7 875.4
Costa Sur	75.00	75.00	66.60	66.60	66.60	66.60
Bahía Honda	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60
Pinar del Río	3 766.8	3 765.8	3 765.8	3 764.2	3 722.5	3 722.5
Guanahacabibes	0	0	0	0	0	0

Fuente: Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. 2005.

La EFI Minas de Matahambre, históricamente en los seis años de estudio, se destaca por presentar mayor superficie cubierta, teniendo ligeras variaciones en lo que respecta al período de evaluación (2000-2005), en esta empresa es significativo destacar un considerable aumento de 405 ha de superficie en el período 2000-2001, debido a que esta entidad en el informe de dinámica del año 2000 dejó de incluir esta superficie que pertenecía a la categoría de protectores de aguas y suelos, incorporándose al año siguiente en los registros de dinámica del SEF.

El análisis de la dinámica a nivel de empresa refleja una continua disminución en la superficie cubierta por formación de pinares del territorio La Palma, ubicándose en esta región las principales fuentes semilleras naturales de la especie en estudio, reconocidas por (Pérez, 1990, Pérez, 1997, Pérez *et al.*, 2000).

Las fluctuaciones enmarcadas en el periodo 2000-2005, se deben fundamentalmente a la respuesta que ha tenido que dar el sector forestal ante la situación provocada por dos intensos huracanes que afectaron esta región en el año 2002. Estas catástrofes naturales dejaron en más de 75 mil viviendas casi la tercera parte de su fondo habitacional y destruyeron prácticamente toda la infraestructura del secado del tabaco, principal fuente económica del territorio, reportándose que al cierre del año habían sido reconstruidos 64.4% de las viviendas afectadas por los huracanes Lili e Isidore, y más del 80% de las afectaciones ocurridas en la infraestructura del sector estatal (Díaz, 2004), y en este periodo, se reduce un porcentaje de la superficie cubierta de algunas empresas.

2.3.2.2 Superficie cubierta por *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La superficie cubierta por bosques naturales de la especie, ha sido un tema de trascendental importancia y discutido por diferentes especialistas, debido a las afectaciones que han sufrido estas poblaciones. La Tabla 6, muestra la superficie de tala en bosques naturales de la especie.

Tabla 6. Superficie de tala de bosques naturales de la especie en diferentes periodos.

EFI	Período de evaluación (años)	Superficie talada (ha)
Viñales	88-97	254
Pinar del Río	88-97	-
La Palma	80-89	377
	88-97	714

Fuente: Proyecto de Ordenación Forestal Viñales (1988), Pinar del Río (1988) y La Palma (1980, 1988).

Los datos históricos indican que la especie ha sufrido pérdidas en sus áreas naturales, siendo mayores en la EFI La Palma, observándose que en 17 años la misma pierde una superficie de 1 091 ha y en solo 10 años 714 ha, por lo que sería necesario proyectar lineamientos en la especie, de forma tal que se garantice una adecuada conservación de los bosques naturales y se promueva

a una mejor planificación de las actividades de aprovechamiento, a partir de plantaciones, las cuales ocupan actualmente un área de 63 916.78 ha (SEF, 2005), garantizando actividades de manteniendo, desarrollo y protección, con el objetivo de alcanzar grandes volúmenes de madera para futura utilización de la especie y sólo aprovechar las áreas naturales cuando hayan alcanzado su etapa clímax y por corta selectiva, de forma que se garantice la regeneración de la masa natural, siendo los máximos responsables las entidades decisoras. La siguiente tabla muestra la superficie cubierta en cada una de las EFI donde actualmente se desarrolla la especie, así como los planes de tala y pérdidas por incendios forestales en los 6 años de evaluación.

Tabla 7. Superficie cubierta, talas y pérdidas por incendios (ha), en bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el período 2000/2005.

EFI		2000	2001	2002	2003	2004	2005	Total
La	Existencia	5778.1	5550.3	5220.9	4916.5	4593.1	4422.2	
Palma	Plan tala	227.8	329.4	304.4	323.4	170.9	129.4	1485,3
	Pérdidas incendios	-	-	-	-	-	855	855
Viñales	Existencia	784	784	784	784	784	777	
	Plan tala	-	-	-	-	-	-	
	Pérdidas incendios.	-	-	-	-	7	-	7
P. Río	Existencia	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6	
	Plan tala	-	-	-	-	-	-	
	Pérdidas incendios.	-	-	-	-	-	-	

Fuente: Dinámica Forestal EFI La Palma, Viñales y Pinar del Río.

Como puede observarse en la tabla anterior la EFI La Palma es la que presenta mayor área cubierta de bosques naturales de la especie en estudio, siendo además la de mayores pérdidas de superficie ya sea por incendios forestales o por talas de aprovechamiento, perdiéndose en solo 6 años 1 485.3 ha por talas y 855 ha por incendios.

2.3.2.3 Incrementos dasométricos en la especie.

La Tabla 8, informa sobre datos dasométricos medios en cada una de las empresas donde se desarrolla de forma natural la especie.

Tabla 8. Incrementos dasométricos.

EFI	d(cm)	h(m)	l/d (cm)	l/h (m)
Viñales	17.66	13.89	0.42	0.33
La Palma	22.63	16.93	<u>0.55</u>	<u>0.41</u>
Pinar del Río	<u>24.25</u>	<u>17</u>	0.53	0.36

Datos medios de altura y diámetro tomados de los Proyectos de Ordenación.

Estos resultados indican que la especie presenta los mayores incrementos en altura y diámetro en áreas de la EFI La Palma, siendo reportado estos sitios como idóneos para el desarrollo de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, según Samek y Del Risco (1989), y los menores incrementos responden a la EFI Viñales, coincidiendo con lo expresado por García *et al.* (2004), donde manifiestan pocos incrementos de la especie en estos ecótopos, agregando que los sitios de Viñales se ajustan más a los requerimientos naturales de *Pinus tropicalis* que a los de la especie en estudio, debido a la pobreza de sus suelos.

2.3.2.4 Utilización de la especie.

La Tabla 9, representa la utilización de los volúmenes maderables obtenidos en los últimos 6 años a partir de los planes de tala, para la EFI La Palma, única entidad que ha talado en este período. En la misma se puede observar que dentro de los diferentes usos, la producción de madera en bolo es el surtido que presenta mayor volumen, también se aprecia una mayor utilización en los años 2002 y 2003. Este criterio es muy importante ya que la utilización adecuada de un recurso condiciona su sostenibilidad.

Tabla 9. Utilización de los volúmenes maderables de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en los últimos 6 años.

Años	Bolo (m ³)	Rolliza (m ³)	Leña (m ³)	Volumen total (m ³)
2000	25012.9	6253.2	10422.0	41681.1
2001	24965.8	6241.4	10402.4	41609.7
2002	27365.8	6841.9	11403.2	45613.0
2003	27170.7	6792.6	11321.1	45284.5
2004	17695.6	4423.9	7373.7	29492.7
2005	14026.0	3506.5	5844.1	23376.6

Fuente: Dinámica Forestal EFI La Palma.2000/2005.

2.3.2.5 Patrimonio genético de la especie en unidades asociadas a programas de mejora.

Para lograr que los bosques sean rentables y obtener de ellos sus beneficios, es necesario tener en cuenta el recurso genético. Este término se refiere al valor económico, científico o social de la variación genética que existe dentro de una especie y entre especies diferentes (Mercadet, 2001).

En la Tabla 10, se presenta una breve caracterización del patrimonio genético de la especie en la provincia.

Tabla 10. Caracterización y estado actual del patrimonio genético de la especie en Pinar del Río.

Categorías	Localización	Supf. (ha)	Utilización actual	Prod. (Kg)	Estado actual
Huerto Semillero Malas aguas	Malas Aguas (M. Matah)	187	Consumo nacional y exportación	50-125	Regular
Huerto Semillero Martinitas	Guanahacabibes (Sandino)	20	Consumo nacional y exportación	50-125	Regular
Masa Semillera Marbajita	Marbajita (La Palma)	720	Consumo nacional y exportación	350-1058	Regular
Masa Semillera Cajálbana	Meseta de Cajálbana. (La Palma)		Consumo nacional y exportación	350-1058	Malo

Como se aprecia en la Tabla 10, el estado de conservación de los Huertos Semilleros de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* se evalúa de regular, donde predomina una moderada antropización, escasas actividades silviculturales relacionadas con su mantenimiento y déficit de fertilizantes, y en el caso de las masas semilleras la situación es más desfavorable evaluadas en estado de regular y malo, encontrándose las masas 101, 102 y 103 (Marbajita y Cajálbana), unificándose la 101 y 102 como una sola y la 103 (meseta de Cajálbana) como otra independiente, las cuales han sido afectadas por incendios forestales e insecticidas de otros cultivos, lo que demuestra la importancia de conservar parte de este patrimonio donde están representados genotipos ideales de este taxón, además de encontrarse en esta zona la mayor fuente de producción de semilla, certificada internacionalmente. Siendo esta población recomendada por Pérez (1990), como la fuente semillera preferencial para utilizar en los planes de reforestación a nivel nacional por sus elevados incrementos medios anuales.

Los niveles de producción de las masas semilleras aunque en la tabla se evidencia en un rango no descrito anualmente, es importante señalar que en los últimos 4 años su producción ha disminuido paulatinamente (1 058, 760, 508 y 350 Kg.), debido fundamentalmente al creciente deterioro que han sufrido estas poblaciones.

3.3 Estado actual de conservación de las áreas naturales de la especie.

3.3.1 Actualización de las áreas de distribución natural de la especie.

La continua degradación y pérdida de las áreas naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* es un tema de interés por parte los investigadores. Reportes brindados por González *et al.*, (1983) y Betancourt (1987) , reflejan la existencia de la especie de forma natural en una gran diversidad de ambientes cubriendo prácticamente toda la extensión de la provincia Pinar del Río; y actualmente esta se ha reducido, y en otros sitios ha desaparecido completamente. La Figura 2 (Anexo 2), representa la actualización de los areales de la especie y su ubicación geográfica.

3.3.2 Estado actual de conservación.

La Tabla 11, refleja las evaluaciones realizadas en cada una de las áreas.

Tabla 11. Evaluación de los criterios definidos para determinar el estado de conservación de las localidades.

Localidades	G.A	Estructura vegetación			T	R.N	E.S	C.M
		CD	N.V	C.V				
La Jagua	R	23	PS	Pc	x		R	AE
La Guira	B	26	PS, PI	Pc		x	B	APRM, AE
Marbajita	R	21	PS, PI	Pc		x	R	AE, MS
Galalón	R	17	PM, PI	Pc, Pt	x	x	R	-
Viñales	R	17	PM, PI	Pc, Pt, Qc	x		R	PN, AE
P. del Río	R	24	PS	Pc, Pt			B	-
Cajálbana	M	24	PS	Pc	x		R	AE
Sabanalamar	B	15	PS, PM, PI	Pc, Pt, Qc		x	B	RFM

Leyenda: GA (Grado antropogénico), B (Bueno), R (Regular), M (Mal); CD (Clase diamétrica), N.V(Niveles del vuelo arbóreo),PS (piso superior), PM (piso medio), PI (piso inferior), CV (Composición de la vegetación; Pc, *Pinus caribaea*, Pt, *Pinus tropicales*, Qc, *Quercus oleoides*); T (Talas), X (presencia de talas); R.N (Regeneración atural), X (Presencia de regeneración natural); ES (Estado sanitario), B (Bueno), R (Regular), M (Mal) y C.M (Categorías de manejo), AE (Áreas experimentales de genética forestal), APRM (Área protegida recurso manejado), MS (Masa semillera), PN (Parque nacional), RFM (Reserva florística manejada).

Los resultados obtenidos en la tabla anterior proporcionan criterios no muy favorables para caracterizar de bueno el estado de conservación de cada una de las localidades de estudio, reflejando la existencia de sitios muy alterados, con fuerte grado de antropización, afectados por incendios, talas, poca o casi nula regeneración natural, y presencia de plagas y enfermedades, factores estos, que han provocado el deterioro de las masas, creando en algunos lugares zonas de aislamiento donde actualmente numerosos rodales se encuentran aislados, de tal modo que el intercambio genético entre ellos es improbable.

La OIMT (2006), señala que desde principios de los años setenta, se ha observado una inquietud generalizada con respecto al ritmo en que se está deteriorando o destruyendo los bosques tropicales.

La Figura 3, muestra un área de Cajálbana, donde el fuego ha devastado gran parte de esta población, siendo este uno de los sitios más antropizados actualmente, localizándose en esta región los bosques más extensos de esta variedad, mejor conformados, con buena estructura y reportado dos décadas atrás como uno de los lugares más conservados, según (González *et al.*, 1983), por lo que se deben tomar medidas urgentes para controlar e impedir que los mismos continúen deteriorando las masas a este ritmo, y más cuando aún predominan ejemplares de buen fenotipo, con clases diamétricas muy superiores a las reportadas en otras localidades (Figura 4).

La Güira (Figura 5), se presenta, como una de las áreas más conservadas, independientemente de que su superficie es muy reducida, pero los individuos que quedan poseen buen estado, la estructura de la vegetación es buena, están conservados bajo diferentes categorías de manejo y poseen buena



Figura 3. Cajálbana



Figura 4. Cajálbana



Figura 5. La Güira

regeneración natural, considerando este último criterio como uno de los elementos más importantes que contribuye al mantenimiento de los bosques naturales, coincidiendo con lo expresado por la FAO (1995), donde manifiestan que la regeneración natural es la estrategia claramente definida para la conservación *in situ*; se reconoce además el estado de conservación de la localidad Sabanalamar, que presenta una situación muy similar al origen geográfico anterior (Figura 6), también predominan genotipos con muy buenas características en las masas naturales de Marbajita (Figura 7), aunque las mismas han sufrido un poco el efecto de las talas.



Figura 6. Sabanalamar



Figura 7. Marbajita

La Figura 8, muestra las categorías de amenaza definidas para cada una de las localidades de estudio, obsérvese que de las 8 localidades analizadas una se clasifica en categoría de amenaza, cuatro en estado vulnerable y tres de riesgo reducido, es importante destacar que existen algunas áreas que actualmente están bajo alguna categoría de amenaza y sin embargo la evaluación de cada uno de los criterios es favorable, esto se debe, fundamentalmente, a que sólo existen relictos de vegetación. Por su parte, Byram *et al.* (2000), realizaron un estudio similar en poblaciones de *Pinus taeda*, considerando que no existe razón para temer a una pérdida inmediata de variación genética debido a la abundancia y extensión de sus áreas, siendo este uno de los pinos meridionales más abundantes y extensamente adaptados y distribuidos, por lo que no se considera en ninguna categoría de amenaza ni de peligro.

También se reportan estudios sobre el estado de conservación en poblaciones de *Pinus jaliscana* en las montañas del oeste de Jalisco, en México, considerando el sector el Tuito en estado vulnerable y otras áreas en riesgo reducido, debido a que las masas están intactas con poca presión de actividades humanas (Dvorak *et al.*, 1999).

Matheson *et al.* (1999), por su parte manifiestan que los rodales naturales *Pinus radiata* están amenazados por el aumento del urbanismo y por enfermedades.

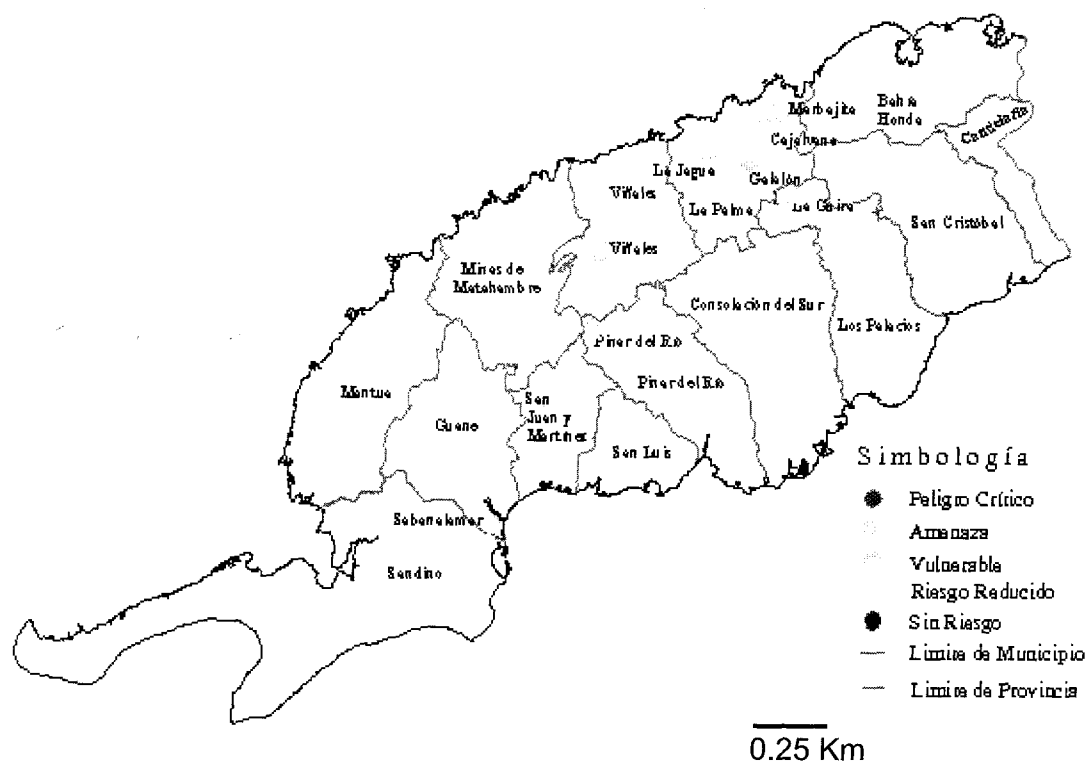


Figura 8. Categorías de amenaza.

Los niveles de seguridad (Figura 9), determinados a partir de las categorías de amenaza en cada población, se presentan en los niveles 2, 3 y 4, o sea medio nivel de seguridad, bajo nivel de seguridad y nivel de riesgo.

Estos resultados manifiestan que gran parte de los entrevistados aportan criterios muy similares respecto a las causas que han condicionado pérdida en estas áreas.

El dendrograma (Figura 10), muestra la formación de dos grupos que reflejan similitud entre las causas que han provocado reducción o pérdida de superficie natural en la especie. El primer grupo está compuesto por el aprovechamiento forestal, manejo inadecuado y los incendios forestales, y el segundo, por la conversión a otros usos de la tierra, el pastoreo, las talas furtivas y los huracanes. Estas agrupaciones, al igual que los valores estadísticos descriptivos de la tabla anterior indican que las principales causas que han provocado esta pérdida son el manejo inadecuado, el aprovechamiento forestal y los incendios forestales, atribuyéndole menor peso, a los huracanes y las talas furtivas, coincidiendo con reportes de la FAO (2003), donde se reconoce que las prácticas silvícola inadecuadas pueden reducir considerablemente la producción maderera, aunque también refiere, sobre todo para los países tropicales, que la extracción excesiva de leña, la conversión a otros usos de la tierra especialmente la expansión agrícola y el pastoreo son factores que han incidido negativamente en la pérdida de superficie de los bosques.

Por su parte la FAO (2005), le imprime un carácter prioritario a los incendios forestales en diferentes regiones de América Latina y el Caribe, convirtiéndose estos en la causa principal de degradación de los bosques.

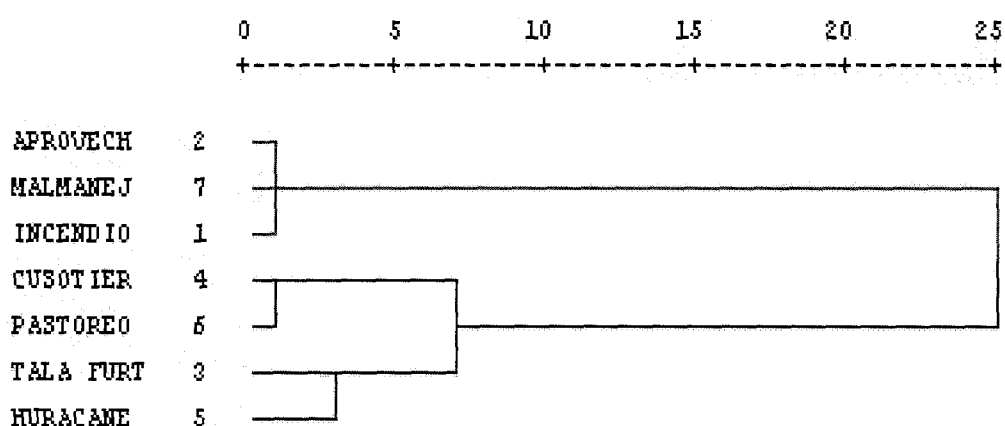


Figura 10. Dendrograma que muestra el nivel de similitud entre las causas que han incidido en la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.4 Conclusiones

- Se aprecia una disminución en las poblaciones naturales de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, considerando que las causas fundamentales han sido el aprovechamiento forestal, el manejo inadecuado y los incendios forestales.
- Las zonas más conservadas resultaron ser La Güira, Marbajita y Sabanalamar, definidas en categorías de riesgo reducido; y Cajálbana la más antropizada, en categoría de amenaza.
- En las poblaciones de estudio se presentan niveles de seguridad medio, bajo y de riesgo, perteneciendo la localidad de Cajálbana a este último nivel.

Capítulo 3. Ecofisiología de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.1 Introducción

En los últimos años ha aumentado considerablemente el interés por los estudios ecofisiológicos en los árboles forestales.

La ecofisiología, es la ciencia que estudia la vida vegetal bajo la influencia de factores abióticos y bióticos. El objetivo de esta ciencia es explicar los mecanismos fundamentales de los procesos fisiológicos en relación con su medio y el funcionamiento de diversos grupos de plantas y especies en su hábitat. La misma adquiere cada vez mayor importancia debido a que el conocimiento de la diversidad estructural y funcional del mundo vegetal es lo que finalmente explica su amplia distribución. El famoso naturalista Inglés Charles Darwin propuso la teoría de la evolución (1858), la cual contiene dos componentes principales, uno que las especies no son inmutables, sino que cambian o se adaptan a lo largo del tiempo y el otro que el agente que produce los cambios es la selección natural. Los individuos están comprometidos en una lucha permanente por la existencia, en la que los más aptos sobreviven. Esa lucha puede ser de dos tipos. La obtención de los recursos necesarios para establecerse y crecer en un medio ambiente algunas veces pobre y hostil y otro la lucha con competidores vecinos de la misma o de especies diferentes (Hernández, 2005).

La ecofisiología, estudia los fenómenos fisiológicos fuera del laboratorio, en su medio ambiente natural, el cual está sujeto a cambios y alteraciones, como resultado de fenómenos naturales o producto de la actividad humana. En este sentido, se puede mencionar por ejemplo el aumento significativo de la concentración atmosférica de CO₂ por efecto de la actividad industrial, la quema de combustibles fósiles y el calentamiento global de la atmósfera. Este factor es difícilmente controlable, como se podría hacer al estudiar las variaciones en la concentración de CO₂ sobre la fotosíntesis, lo cual es estudiado por la fisiología vegetal, bajo condiciones de laboratorio. Las plantas en su medio ambiente natural responden a las variaciones de temperatura, intensidad de luz, humedad, concentraciones de CO₂, lo cual depende de sus adaptaciones fisiológicas (Hernández, 2005).

Los estudios modernos de ecofisiología tienen el objetivo de explicar los procesos de ecología de las plantas como rendimiento, supervivencia y

distribución en términos fisiológicos orientados fundamentalmente a entender mecanismos de adaptación al estrés de cualquier naturaleza y conocer la plasticidad de los mecanismos de adaptación frente a una biosfera cambiante, los cuales son de gran importancia para el manejo adecuado y la conservación de las especies. Ha surgido como una disciplina frontera entre la fisiología y la ecología en las que se contestan preguntas sobre adecuación de las plantas a su medio (Orellana y Escamilla, 1991).

Los ecofisiólogos en un principio estudiaron las respuestas fisiológicas de las plantas en un medio ambiente abiótico, como por ejemplo suelos calcáreos y ácidos o en suelos secos y anegados, interacciones fisiológicas con otras plantas, animales y el beneficio de microorganismos. Mientras que, un ecofisiólogo moderno, requiere una buena comprensión tanto de los procesos moleculares que ocurren a nivel celular, como del funcionamiento de la planta intacta en un contexto ambiental (Hernández, 2005).

Un aspecto relevante en el desarrollo de la ecofisiología se obtuvo de la importancia de la fisiología para la agricultura. Incluso hoy en día, la productividad agrícola en países industrializados está limitada al 25% de su potencial, por condiciones de sequía, suelos infértiles y otros factores ambientales indeseables. Uno de los objetivos principales de las investigaciones agrícolas, ha sido el desarrollar cultivos tolerantes a estados ambientales estresantes, de tal manera que soporten condiciones climáticas adversas o que se puedan cultivar en hábitat desfavorables. Así se han desarrollado variedades de plantas tolerantes a la salinidad o que soporten el estrés hídrico (Hernández, 2005).

La ecofisiología vegetal estudia las respuestas fisiológicas frente a diferentes condiciones ambientales, desarrollando técnicas que permiten medir el micro medio ambiente de las plantas, las relaciones hídricas y los patrones de intercambio gaseoso. En sus inicios, se estudió el crecimiento de las plantas determinando las variaciones en biomasa, sin embargo la invención de equipos portátiles ha posibilitado medir los intercambios de CO₂ en una hoja y la conductividad estomática como un índice de la apertura y cierre de los estomas. Mediante los análisis de crecimiento, se ha podido determinar la cantidad de carbono que se deposita en raíces y hojas, así como la tasa de producción y muerte de ciertos tejidos; lo que permite una mejor comprensión

de las diferencias en el crecimiento vegetal, en distintas condiciones ambientales. Se puede decir que la ecofisiología es un componente importante del entrenamiento de un ecólogo vegetal (Hernández, 2005).

Johnsen y Major (2004), manifiestan que la evaluación ecofisiológica proporciona un medio de evaluar los riesgos asociados con la selección basada exclusivamente en la tasa de crecimiento. Los genotipos superiores pueden evaluarse con varias herramientas fisiológicas para examinar su susceptibilidad al estrés. Las respuestas se pueden evaluar bajo una mayor gama de condiciones ambientales que a las que se verán expuestas en cualquier sitio durante cualquier período particular de tiempo.

Los procesos fisiológicos normales se desarrollan bajo condiciones ambientales ideales. Sin embargo las plantas raramente viven bajo tales condiciones y, usualmente falta algo, a veces varios factores se apartan de las mismas. A causa de la competencia, las plantas muchas veces viven al límite de su capacidad para sobrevivir y superar una o más condiciones adversas. Esto crea un considerable *stress* en el organismo. El cual reacciona poniendo en juego diversos mecanismos bioquímicos y fisiológicos para vencer, evitar o neutralizar aquel. El conocimiento de dichos mecanismos resulta de gran utilidad con vistas a la mejora genética y, de forma especial, en la introducción de especies en lugares de condiciones ecológicas muchas veces extremas (Medina, 2006b).

Las concentraciones de CO₂ atmosférico se están elevando y existe un consenso general de que se duplicarán durante el próximo siglo. Un aumento en el CO₂ ha mostrado, por lo menos temporalmente, que aumenta la tasa de crecimiento en plántulas de árboles forestales, también puede alterar los componentes de procesos fisiológicos de la productividad. Se ha mostrado que un aumento en el CO₂ aumenta la fotosíntesis neta y la eficiencia de uso de agua, aumenta la capacidad fotosintética, altera la distribución de biomasa y la fenología de crecimiento del brote, y disminuye la tolerancia al frío (Eamus y Jarvis, 1989; Margolis y Vecina, 1990; Johnsen, 1993; Murria *et al.*, 1994; Samuelson y Seiler, 1994), citado por (Johnsen y Major, 2004).

Johnsen y Major (2004), plantean que son diversas las herramientas y técnicas disponibles para la evaluación fisiológica y que estas varían desde aquellas

bastantes primitivas a aquellas sumamente sofisticadas y cada una de ellas tiene sus aplicaciones, ventajas y desventajas.

Una de las técnicas descritas por el autor es el análisis de intercambio gaseoso, el cual se usa para estimar la fotosíntesis, respiración, transpiración y conductancia estomatal. En las últimas dos décadas, la tecnología de la medición del intercambio de gases ha mejorado para aumentar tanto la calidad como la velocidad de las mediciones.

Escarré (2003), se refiere al tema en cuestión y plantea que el irgaporometro es uno de los equipos más sofisticados para medir fotosíntesis y transpiración, y presenta considerables ventajas respecto a los sistemas tradicionales. Una gran ventaja del LI-400 es la posibilidad de elegir concentraciones de anhídrido carbónico, gracias a un sistema de inyección y mezcla.

La velocidad de transpiración depende tanto de la sequedad del aire (déficit de presión de vapor) como de la apertura de los estomas, la cual se estima por la medida de conductancia. La transpiración se mide al evaluar el cambio en el contenido de vapor de agua del aire que pasa sobre una hoja (Johnsen y Major, 2004).

Johnsen y Major (2004), manifiestan que la transpiración a partir de los bosques, frecuentemente es más baja que la de campos de cultivo, debido a valores relativamente bajos de conductancia del dosel (especialmente en bosques de coníferas). El acoplamiento entre follaje en la vegetación natural y atmósfera es importante para estudios ecofisiológicos del control estomático en el uso del agua, pudiendo depender de la luz, aspereza de la superficie y velocidad del viento, aspectos a considerar cuando se habla de conservación de especies.

Para Montenegro *et al.* (1981), existen especies de plantas donde la diferencia en la captación de CO₂ con respecto a la pérdida de agua por las hojas y la eficiencia del aparato captador de la luz solar, difiere en condiciones de iluminación muy distintas, sigue planteando que hay plantas que disponen sobradamente del recurso luz ya que exponen plenamente sus hojas a la luz directa, pudiendo ocurrir que dada su talla parte de las hojas de las mismas tienen que vivir a la sombra disponiendo solamente de una fracción mínima de energía que llega a la comunidad.

Para Meng y Arp (1993), las medidas de intercambio gaseoso pueden realizarse en materiales de todo tipo. Las mediciones en plántulas se pueden hacer en ramas intactas, lo que permite que las medidas se puedan repetir a través del tiempo. Las mediciones en árboles grandes pueden requerir el uso de escaleras o andamios para medir el follaje creciendo en condiciones abiertas. Afortunadamente, en la mayoría de las coníferas es posible medir follaje maduro en ramas separadas durante un período breve después de la separación y obtener una buena estimación de intercambio de gases.

El intercambio de gases frecuentemente muestra patrones estacionales que están relacionados con cambios en el ciclo de crecimiento, temperatura, y/o precipitación. Con frecuencia las fuentes de semilla (procedencias) muestran cambios de orden (*ranking*) a través del tiempo por lo que debe evaluarse la progresión estacional para comprender la relación del intercambio de gases con la productividad y otras características (Johnsen *et al.*, 1996).

Montenegro *et al.* (1981), señalan que las tasas de crecimiento interespecífico para las distintas especies es variable, además se puede producir una variación temporal intraespecífica por efecto de los recursos ambientales disponibles, agrega, que las tasas de incrementos de hojas, área foliar y longitud de los tallos ayuda a esclarecer las dinámicas estacionales de crecimiento de la vegetación.

Según Johnsen y Major (2004), el agua es un factor predominante que determina la distribución geográfica de la vegetación y de los árboles. Las medidas de potencial hídrico de una planta reflejan el balance entre la captación de agua por las raíces y la pérdida de agua por las hojas. La cámara o bomba de presión estima en forma rápida el potencial en laboratorio o en campo. Los tallos u hojas de las plántulas o árbol se cortan y se introducen con el corte expuesto hacia el exterior de la cámara. La presión se aplica lentamente hasta que el agua aparece en la superficie del corte, en este punto la presión en la cámara se considera en equilibrio con la tensión negativa dentro del xilema, mientras más negativa sea la tensión más negativo es el potencial y más elevado el estrés hídrico de la planta. Durante la noche, en la oscuridad, los estomas se cierran, la transpiración cesa y los árboles se rehidratan. Antes del amanecer, el potencial hídrico de las plantas se equilibra con el del suelo, así las medidas de potencial en este momento proporcionan

una medida del estrés hídrico mínimo a que se expone el árbol. Durante el día, la transpiración aumenta y su velocidad depende de las características genéticas de la planta, la sequedad del aire y la humedad del suelo, conforme transcurre el día el potencial hídrico de la planta disminuye. Estas medidas pueden ser útiles para interpretar las mediciones de intercambio gaseoso.

Según Medina (2006 a), el potencial hídrico evalúa la cantidad de agua en la planta. Es la fuerza con que un cuerpo es capaz de absorber agua del ambiente.

Este se puede entender como el agua que se mueve desde el suelo a la superficie de la raíz y entra a los vasos xilemáticos hasta llegar a las células del mesófilo y luego pasar a la atmósfera, gracias al gradiente de potencial que existe en el sistema suelo-planta-atmósfera (Medina, 2006b).

Este mismo autor, refiere, que las plantas necesitan agua no solo porque este elemento forme parte de las células, sino porque actúa como disolvente, siendo necesario en la mayoría de las reacciones químicas, incluida la fotosíntesis. Además, es el vehículo de entrada de los nutrientes minerales desde la solución del suelo, a través de los pelos radicales, vía xilema, y hasta las hojas. Casi toda el agua es absorbida por las raíces. En la mayoría de las plantas el sistema radicular es una red muy ramificada que penetra en un gran volumen de suelo. El agua se absorbe por diferencia de potencial hídrico, moviéndose desde las regiones de alto potencial en el suelo a las regiones de bajo potencial en las raíces.

El movimiento neto, siempre se produce en la dirección de la disminución del potencial hídrico, es decir más alto en el suelo, algo más bajo en las células próximas a la epidermis de la hoja, debido a la evaporación del agua hacia la atmósfera vía transpiración. La ascensión se produce por un fenómeno de transpiración-cohesión-tensión. La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas de las hojas principalmente, debido al proceso de evaporación. Los estomas son pequeñas aberturas en la epidermis de las hojas, controladas por la turgencia de dos células oclusivas o guardianas que las limitan y que, según sea su grado de turgencia, hacen que el estoma se abra o se cierre, permitiendo la entrada y la salida de gases según las circunstancias. Por la noche el estoma permanece cerrado, por lo que no hay intercambio de anhídrido carbónico. El agua es vital en la producción de

cultivos ya que el crecimiento de las células vegetales se produce por acción del agua. La falta de este elemento provoca una menor área foliar, menor fotosíntesis y como consecuencia una menor producción (Medina, 2006 b).

De la cantidad total de agua que es absorbida del suelo, transportada en el tallo y transpirada hacia la atmósfera, solamente una fracción muy pequeña de 1% se incorpora a la biomasa. Casi toda el agua que se pierde por la hoja lo hace a través de los poros del aparato estomático, que son más abundantes en el envés de la hoja. Las hojas pierden agua irremediablemente a través de los poros estomáticos, como consecuencia de la actividad fotosintética de las células del mesófilo. Se podría decir que la transpiración es un mal necesario, ya que si los estomas no se abren no penetra el requerido CO₂ para la fotosíntesis por las células del parénquima clorofílico. El potencial hídrico de la planta está determinado por dos factores importantes que son: la humedad del suelo, que controla el suministro de agua y la transpiración que gobierna la pérdida de agua. Estos factores ejercen su acción a través de la conductancia estomática, que depende tanto del contenido de agua del suelo como de la humedad relativa del aire. Los estomas regulan el intercambio gaseoso, generalmente se abren en la luz y cierran en la oscuridad, a excepción de las plantas con metabolismo ácido de crasuláceas. Las hojas que presentan los estomas en el envés se denominan hipoestomáticas, las que lo tienen en el haz son epiestomáticas, o como ocurre en muchas plantas herbáceas que presentan estomas en ambas superficies son anfiestomáticas (Medina, 2006b). El ambiente de una planta está formado por la hidrosfera, la atmósfera y la pedósfera, pero además lo integran factores físicos y químicos en su hábitat, y la influencia ejercida por otros organismos, o sea el ambiente de cada planta es la totalidad de las condiciones externas que actúan sobre un individuo o comunidad de organismos (biocenosis) en un territorio definido (biotopo) (Hernández, 2005).

El clima es uno de los factores principales que afectan la distribución natural de la vegetación. Para Del Risco (2000), los factores climáticos son muy importantes tanto en la formación de edafótopos como en la formación de los tipos de bosques; casi todas las leyes (reglas, características y condiciones) de la formación, y distribución de los tipos, así como de la productividad del bosque están relacionadas estrechamente con el clima. Las investigaciones

climatológicas de campo son necesarias para la característica comparativa de las condiciones climáticas en los rodales originarios de diferentes tipos de bosques, así como para la característica comparativa de microclimas (fitoclimas) y para la característica comparativa de mesoclimas topográficos propios de diferentes formas de relieve.

El suelo es el producto de la alteración, del movimiento y de la organización de las capas superiores de la corteza terrestre bajo la acción de la vida, de la atmósfera y de los intercambios de energía que en ella se manifiestan. Es por tanto un medio complejo, dinámico que evoluciona bajo la influencia de factores externos (hidrósfera, atmósfera, biosfera) (Aubert y Boulaine, 1982), citado por Lozet y Mathieu, 1986).

El suelo es un cuerpo natural, consecuencia de la acción combinada de los factores de formación, mediante los cuales ocurren los diferentes procesos que le dan origen y cuyas propiedades y características son el resultado de su formación y desarrollo. El suelo desde el punto de vista físico, puede definirse como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (sólido, líquido y gaseoso (Cairo y Fundora, 2002).

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable que recubre las rocas. Esta capa es un ente vivo que está en relación directa con la vida vegetal. Está constituido por elementos minerales, cristalinos o amorfos; por elementos orgánicos y seres vivos; agua y aire (Urquiza, 2002).

Para Hernández (2005), el suelo es un sistema de tres fases: sólido, líquido y gaseoso, y cuatro componentes mineral, orgánico, agua y aire. Un buen suelo para el crecimiento de un cultivo, tendrá 45% en volumen de materia mineral, 5% de materia orgánica y 50% de espacio poroso dividido aproximadamente en 25% de agua y 25% de aire.

Este mismo autor plantea que en los países tropicales con temperaturas altas, los porcentajes de materia orgánica tienden a ser menores (de 2,5 a 3%) debido a su rápida descomposición.

A pesar de que los suelos difieren mucho, casi todos consisten de dos o más capas horizontales, ubicadas una sobre otras. En el perfil de un suelo típico se reconocen tres horizontes principales: A, B y C. El horizonte superior o horizonte A, posee un mayor contenido de materia orgánica y tiene un color más oscuro que las capas inferiores. En este horizonte se desarrollan las

raíces de las plantas y en él se encuentran presentes lombrices, insectos, nemátodos y microorganismos. Por debajo del horizonte A, se encuentra el B o subsuelo, que es la zona de infiltración y acumulación de los minerales lixiviados desde arriba, su color es más claro que el horizonte A y contiene más arcilla. Más abajo está el horizonte C que es la roca madre original de la cual se deriva el suelo (Hernández, 2005).

Los componentes inorgánicos de los suelos comprenden pequeños fragmentos de roca y de minerales de varias clases. El tamaño de las partículas varía en tamaño desde grandes cantos rodados hasta partículas pequeñas de arcilla que tienen menos de 2 μm de diámetro. Las cuatro clases de partículas inorgánicas son: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla (Hernández, 2005).

Los suelos constituyen la fuente de nutrición de las plantas terrestres, la cual depende de la presencia de partículas de arcilla. Los cationes potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) están cargados positivamente y son atraídos por las cargas negativas de las partículas de arcilla. Para que los cationes puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, debe ocurrir un intercambio catiónico, lo que se logra con protones (H^+) presentes en la solución del suelo producto de la ionización del ácido carbónico y del bombeado por las raíces. Los protones se unen entonces a las partículas de arcilla y se liberan los cationes (K^+), (Mg^{2+}) y (Ca^{2+}) a la solución del suelo quedando disponibles para la absorción por las raíces (Hernández, 2005).

La fertilidad de un suelo está determinada por su capacidad para aportar nutrientes por intercambio iónico. Las partículas de arcilla intercambian con eficacia los iones cargados positivamente que son retenidos en el horizonte A, mientras que los aniones como el nitrato (NO_3^-) y el sulfato (SO_4^{2-}) cargados negativamente se lavan rápidamente del suelo por efecto del agua. La reserva de azufre, fósforo y esencialmente la única fuente de nitrógeno del suelo es la materia orgánica. La materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas parcialmente destruidas y de residuos de animales, que se descompone y mineraliza por acción de los animales y de los microorganismos del suelo. En los buenos suelos forestales, la masa de lombrices es de 20 a 80 g/m^2 y la masa de bacterias alcanza 0,3% del peso del suelo. La actividad de los organismos del suelo depende de las condiciones ambientales. En los climas tropicales, cálido-húmedos, la materia orgánica se descompone

rápidamente y se mineraliza por completo. Si las temperaturas son bajas y el suelo se encharca, la descomposición es lenta y se forma humus bruto o turba, y la respiración edáfica disminuye, la cual es un indicador de la actividad de los organismos del suelo (Hernández, 2003).

El agua con las sales nutritivas disueltas forma la solución del suelo, muchas de las cuales son esenciales para el crecimiento de las plantas. En regiones áridas y semiáridas, la solución del suelo es más concentrada que en aquellas donde la lluvia es más abundante. Bajo condiciones de poca lluvia y mal drenaje, las concentraciones salinas son altas, pudiendo interferir de forma peligrosa con el crecimiento de las plantas (Hernández y Morales, 2003).

La acidez del suelo puede influir en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas, ya sea directamente a través de las concentraciones de protones (H^+), o indirectamente, por su acción sobre la absorción de nutrientes y la presencia de iones tóxicos. Cuando los valores de pH están por debajo de 5 a 5,5, el aluminio, hierro y manganeso son solubles en cantidades suficientes como para ser tóxicos para algunas plantas. El ion fosfato es muy sensible a los cambios de pH, a pH 6,5 es fácilmente asimilable por las plantas, pero a pH 8, es insoluble y se fija como fosfato cálcico. En suelos con pH menores a 5, el ion fosfato se fija en forma insoluble con aluminio, hierro y manganeso, y no es aprovechable por las plantas. Estos ejemplos ilustran en parte el efecto de la acidez sobre la disponibilidad de algunos nutrientes del suelo (Hernández, 2005).

Cairo y Fundora (2002), refieren que el pH es la expresión de las sales presentes en la solución del suelo. La mayor parte de los cultivos se desarrollan con problemas en lo que al pH del suelo respecta, en un rango que varía entre ligeramente ácido y otro ligeramente alcalino. El valor óptimo no depende solo del vegetal, sino de las características de los suelos, ya que la reacción del suelo influye sobre otras propiedades químicas, biológicas, químico-físicas y aún físicas del suelo en diferentes medidas. De modo general puede decirse que los valores extremos de pH tanto ácidos como alcalinos están asociados a problemas nutricionales. Así una reacción demasiado ácida favorece la toxicidad por aluminio o por microelementos, con más frecuencia por manganeso, así como una carencia de molibdeno. Una acidificación

presupone pérdidas de las bases por lo cual los nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} pueden escasear.

Louman *et al.* (2001), manifiestan que los factores que más influyen en la calidad de los suelos de los bosques naturales tropicales son probablemente el pH y la humedad. El pH afecta la disponibilidad de nutrimentos minerales, un pH bajo reduce la disponibilidad de cationes de calcio, magnesio y fósforo y libera cantidades tóxicas de elementos como hierro, aluminio y manganeso.

Cairo y Fundora (2002), plantean que los suelos arenosos están generalmente bien aireados y absorben el agua con mucha facilidad, teniendo dos limitaciones importantes, no retienen bastante agua y tienen poca reserva de elementos nutritivos, en cambio los arcillosos tienen la capacidad de retener en su superficie elementos nutritivos en forma asimilable.

Ansorena (1994), suele darle mayor importancia a las propiedades físicas del suelo, definidas como aquellas que se pueden ver y sentir, granulometría, color, retención de agua y aireación.

Dentro de las propiedades físicas más estudiadas y en mayor orden de importancia se encuentran la densidad real, la densidad aparente, la porosidad total y la textura del suelo.

Para Cairo y Fundora (2002), la densidad real es afectada por el contenido mineralógico y la materia orgánica. En suelos bien desarrollados los pesos específicos son más altos. Esto se debe a que la acumulación de hierro y Aluminio tiene lugar por la acción intensa del clima que provoca el lavado del calcio, el magnesio, el sodio, el potasio y la sílice y en el caso de la densidad aparente se ve afectada por la textura, la estructura, la compactación, el laboreo y la materia orgánica. Los suelos de partículas más finas poseen densidades más bajas que aquellos de partículas mayores. En suelos arenosos, las partículas se encuentran unidas en estrecho contacto unas con otras, lo cual vinculado con el poco contenido de materia orgánica que ellos poseen, producen altos valores de densidad aparente en relación con los suelos arcillosos.

Las partículas mayores de 0,9mm dan lugar a poros grandes y conforman sustratos con poca retención de agua, aunque tienen buena aireación, mientras que las menores de 0,25mm tienen poros de tamaño pequeño, lo que hace que

retenga una gran fracción de agua difícilmente disponible para las plantas y posea una aireación deficiente (Ansorena, 1994).

La porosidad total, es una medida de la capacidad del sustrato de retener aire y agua, pero el tamaño de los poros determina la tasa de drenaje e intercambio de gases (Alvarado y Solano, 2002).

Las propiedades físicas del suelo junto con las químicas, biológicas y mineralógicas determinan, entre otras, la productividad de estos (Cairo y Fundora, 2002).

La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* se ha desarrollado ampliamente en una gran diversidad de suelos, mostrando preferencias ante diferentes ecótopos. La misma ha sido ampliamente estudiada a nivel ecológico, sin embargo a nivel ecofisiológico se han tenido pocas experiencias. Es una especie pionera dentro de una sucesión ecológica, destinada a la reforestación, siendo incluso la especie que más se utiliza con estos fines en el occidente del país, lo que ha provocado que sea poblada en áreas fuera de su hábitat natural, de manera tal que ha sido llevada a otros sitios.

Según González (1974), *Pinus caribaea* var. *caribaea* es uno de los pinos cubanos de mayores perspectivas, por sus características de rápido crecimiento y gran adaptabilidad a diferentes sitios del país, en un amplio rango de ambientes, para resolver la demanda de diversos productos forestales, tales como madera para aserrío, madera para tableros, contrachapado y para abastecer a la industria nacional de pulpa y papel. Así como el valor potencial que representa en el mercado internacional las diversas pruebas de ensayos y las plantaciones que se han establecido en varios países del mundo con buenos resultados. Sus plantaciones están distribuidas en toda Cuba, desde Matanzas, Villa Clara, Camagüey hasta en el oriente del país, sin embargo algunas han tenido éxito pero otras han fracasado o por lo menos puede cuestionarse su establecimiento. También Varona (1973), citado por González (1974), habla de plantaciones fuera de su hábitat natural en Artemisa sobre suelos latosólico plástico; en Madruga sobre pardo tropical y latosol menos evolucionado; en San Pedro de Mayabón sobre Mocarrero típico; en Cascajal también Mocarrero típico; Jibacoa en Calizo pardo; Altagracia en latosólico típico; en Guisa sobre pardo tropical y Mocarrero típico y en Buey arriba sobre rojo amarillento montañoso típico.

En Pinar del Río, las poblaciones naturales de esta especie han sido desplazadas de su hábitat natural y gran parte de los suelos donde se desarrolla la misma pertenecen a *Pinus tropicalis*, siendo la especie en estudio más exigente en cuanto a condiciones ecológicas, prefiriendo los suelos ferríticos latosoles típicos de la localidad de Cajálbana.

Según Samek y Del Risco (1989), esta especie se extiende por casi toda la parte central occidental de la provincia, presentándose en áreas de Cajálbana, Alturas de Pizarras y la llanura Sur Occidental o sabana arenosa y en Sierra del Rosario en forma de cayos. Estos mismos autores en uno de sus estudios sinecológicos plantearon que Alturas de Pizarras constituye una región geomorfológicamente casi madura, debido a los ciclos erosivos que predominan, conformada por la formación San Cayetano, consistente en series de areniscas y lutitas, de suelos fersialíticos y que la flórula de los pinares de esta región es florogenéticamente muy antigua.

En cuanto a los suelos lateríticos de Cajálbana agregan que están más cerca del climax que los de Alturas de Pizarras, derivándose su flórula de los cuabales.

La parte ecológicamente más extrema de la llanura pinareña pertenece a la zona de Remates de Guane Sabanalamar, constituida por arena silícea fina, conocida como arenas blancas. Ellos alegan que los pinares de las arenas blancas están representados por fragmentos fuertemente afectados y las transformaciones actuales de Remates de Guane y Sabanalamar son muy preocupantes.

3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Procedimiento para la caracterización edafoclimática.

3.2.1.1 Datos de clima.

Se tomaron informaciones de precipitación media anual y temperatura media anual en cada uno de los puntos de muestreo (Cajalbana, Marbajita, Galalón, La Jagua, La Güira, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar), a partir de los registros brindados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Pinar del Río.

3.2.1.2 Métodos para el cálculo de propiedades físicas y químicas del suelo.

Se realizó un análisis edáfico y tratando de representar toda el área en estudio se tomó al azar cuatro muestras de suelo por cada una de las 8 localidades, las cuales fueron analizadas efectuando una caracterización química y física del mismo. La caracterización química se efectuó en el Laboratorio de Suelos perteneciente al Ministerio de la Agricultura, Pinar del Río, para ello se utilizaron los siguientes métodos según (MINAGRI, 1981):

1. Método del potenciómetro para determinar el grado de acidez (pH).
2. Método de Oniani para la determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.
3. Método de Schachtschabel por fotometría de llama para la determinación de los cationes intercambiables (Na^+ y K^+).
4. Método de Schachtschabel por valoración con la sal EDTA en medio básico para determinar los cationes Mg^{2+} y Ca^{2+} y valor T (capacidad de intercambio catiónico).

La caracterización física del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Pinar del Río, a través de los siguientes métodos según (MINAGRI, 1981):

1. Método del picnómetro para la determinación de la densidad real.

La densidad de la fase sólida se calculó por la fórmula descrita por (Fraguela et al., 1986):

$$D = \frac{A}{(B + A) - C}$$

donde:

A: peso de la muestra de suelo seco en g.

B: masa del picnómetro con agua en g.

C: masa del picnómetro con agua y suelo en g.

$$A = \frac{a * 100}{100 + W}$$

donde:

a: muestra de suelo (g).

W: humedad higroscópica.

2. Método del cilindro para determinar densidad aparente.

La misma fue determinada a través de la fórmula descrita por (Fraguela et al., 1986):

$$Da = \frac{m}{v}$$

donde:

M: masa de suelo seco en g.

V= volumen de cilindro en cm³

$$V = \pi * r^2 * h$$

donde:

$$\pi = 3.14$$

r= radio del cilindro.

h= altura del cilindro

Teniendo calculada ambas densidades se procedió a calcular la porosidad total:

$$p_{Total} = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100$$

donde:

da: densidad del suelo

dr: densidad de la fase sólida.

3. Método de textura del suelo.

Se tomó una muestra de 100 g de suelo, la misma se colocó en el juego de tamices, organizado de mayor a menor (6.3; 5; 4; 2; 1.6; 1.25; 0.5; 0.4; 0.25; 0.16 y 0.088 mm), después se puso cada muestra en un sarán aproximadamente 5 minutos y se fue pesando las partículas que fueron quedando en cada tamaño de tamiz.

El índice de grosor, se determinó por la fórmula de Richards *et al.* (1986), citado por Ansorena (1994), como se expresa a continuación:

$$lg = \frac{\sum particula < 1mm * 100}{Muestra}$$

Un vez determinada las propiedades físicas y químicas del suelo, fueron evaluadas con la ayuda del manual de interpretación de índices físicos-químicos y morfológicos de los suelos cubanos (MINAGRI, 1984).

3.2.1.3 Clasificación genética de los suelos.

Se conformó la clasificación genética del suelo, a través del mapa de suelos (1983), Hoja cartográfica 3484-II, a escala 1: 25 000, utilizando la última clasificación genética de los suelos de Cuba, (Hernández *et al.*, 2002), Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, donde se correlacionó la clasificación anterior con la actual. A continuación se muestra la clasificación de cada suelo por las localidades de estudio:

$$\text{La Jagua} = XXVIIv10_1 \frac{P^4 h^4 e^2}{hw_2} 20t_7 m4$$

Tipo: Esquelético.

Subtipo: Antrópico.

Género: Esquistos o pizarras.

Saturación: Fuertemente desaturado.

Especie: Poco profundo.

Humificación: Poco humificado.

Erosión: Fuerte.

Variedad: Loam arenoso.

Contenido de piedras: Muy pedregoso.

Profundidad efectiva: Muy poco profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

$$\text{Galalón} = VI17 \frac{P^1 h^3 e^4}{fx_5} 100t_3 m4$$

Tipo: Ferralítico Amarillento.

Subtipo: Cuarcítico.

Género: Materiales transportados y corteza de meteorización ferralitizada o caolinizadas.

Saturación: Fuertemente desaturado.

Especie: Muy profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Erosión: Poca.

Variedad: Loam arcilloso.

Contenido de gravas: Muy poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

$$Cajálbana = IA1_2 \frac{P^1 h^3}{c} 97 t_4 m_3$$

Tipo: Ferrítico rojo oscuro

Subtipo: Típico.

Género: Roca ultrabásica.

Saturación: Medianamente desaturado.

Especie: Muy profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Profundo.

Pendiente: ligeramente ondulado.

Altitud: Medianamente montañoso.

$$Marbajita = VIIA3_3 \frac{P^3 h^3 e^4}{c} 50 t_7 m4$$

Tipo: Fersialítico Pardo Rojizo.

Subtipo: Lixiviado.

Género: Roca ígnea intermedia.

Saturación: Saturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Erosión: Poca.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

Pendiente: Alomada.

Altitud: Poco montañoso.

$$\text{La Guira} = XA7_5 \frac{P^2 h^2 e^4 l^3}{c} 62ts$$

Tipo: Pardo sialítico.

Subtipo: Carbonatado.

Género: Caliza suave

Saturación: Carbonato lavado.

Especie: Profundo.

Humificación: Humificado.

Erosión: Poca.

Grado de lavado: Poco lavado.

Variedad: Arcilla.

Profundidad efectiva: Medianamente profundo.

Pendiente: Ondulado.

$$\text{Viñales} = IIIA9_2 \frac{P^3 h^3 e^4}{x_4} 50t_7 m_4$$

Tipo: Ferralítico Rojo Lixiviado.

Subtipo: Típico.

Género: Esquistos o pizarras normales.

Saturación: Medianamente desaturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Medianamente humificado.

Erosión: Poca.

Variedad: Loam arenoso.

Contenido de gravas: Poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

Pendiente: Alomado.

Altitud: Poco montañoso.

$$\text{Pinar del Río} = VIII A18_3 \frac{P^2 h^4}{cx_4} 80t_5$$

Tipo: Fersialítico pardo rojizo.

Subtipo: Típico.

Género: Materiales transportados carbonatados o no carbonatados.

Saturación: Saturado.

Especie: Profundo.

Humificación: Poco profundo.

Variedad: Arcilla.

Contenido de gravas: Poca graviliosidad.

Profundidad efectiva: Medianamente profundo.

Pendiente: Ondulado.

$$\text{Sabanalamar} = XXVII A17_3 \frac{P^3 h^4}{Jw_2 z_3} 50t_3$$

Tipo: Arenosol.

Subtipo: Típico.

Género: Materiales transportados y corteza de meteorización ferralítica o caolinizadas.

Saturación: Saturado.

Especie: Medianamente profundo.

Humificación: Poco humificado.

Variedad: Arena.

Contenido de piedras: Muy pedregoso.

Contenido de rocas: Rocoso.

Profundidad efectiva: Poco profundo.

Pendiente: Casi llano.

3.2.2 Medidas de intercambio gaseoso en la especie.

Para realizar el estudio de autoecología de la especie se realizó una campaña de campo el 14 de Junio del año 2004, como estudio de caso, en la zona de Viñales, ubicada al norte de la provincia de Pinar del Río, con el objetivo de construir curvas de CO_2 . Para ello se hicieron estimaciones de Fotosíntesis y Concentración intracelular, expresadas en $\mu \text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg}$ y en PPM respectivamente, utilizando el irgaporometro (Figura 11).

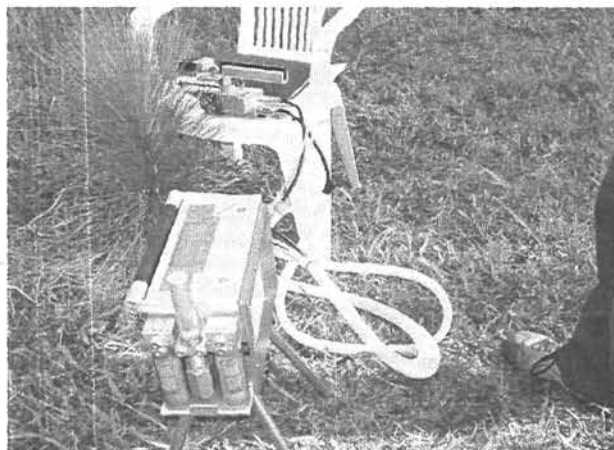


Figura 11. Irgaporometro. Sistema abierto para medir fotosíntesis y transpiración, LI-6400.

Se realizó otra campaña de campo los días 22 y 23 de Enero del año 2006, en una parcela experimental ubicada en el Jardín Botánico perteneciente a la provincia de Pinar del Río. En el primer día se realizaron medidas puntuales de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), y Fotosíntesis, expresados en $\mu \text{ E cm}^2 \cdot \text{seg.}$ y $\mu \text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg}$, respectivamente, con el objetivo de construir curvas de saturación de luz, y al día siguiente, se hizo un seguimiento de la Fotosíntesis ($\mu \text{ moles CO}_2 \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg}$) y la Transpiración ($\text{mmol de H}_2\text{O} \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg}$) a lo largo del día, estimando valores cada dos horas, a las 8:00, 10:00, 12: 00, 2:00 y 4:00 horas solares. También se tuvo en cuenta los valores registrados de Conductancia estomática ($\text{mmol de H}_2\text{O} \times \text{m}^2 \text{ hoja/seg}$).

Las curvas de CO_2 y luz se construyeron con la ayuda del software Curve Expert versión 3.0, el cual ofrece la ventaja de darle entrada a toda la familia de modelos matemáticos y aportar el de mayor ajuste a la ecuación. La figura 12, muestra la ventana de entrada de datos.

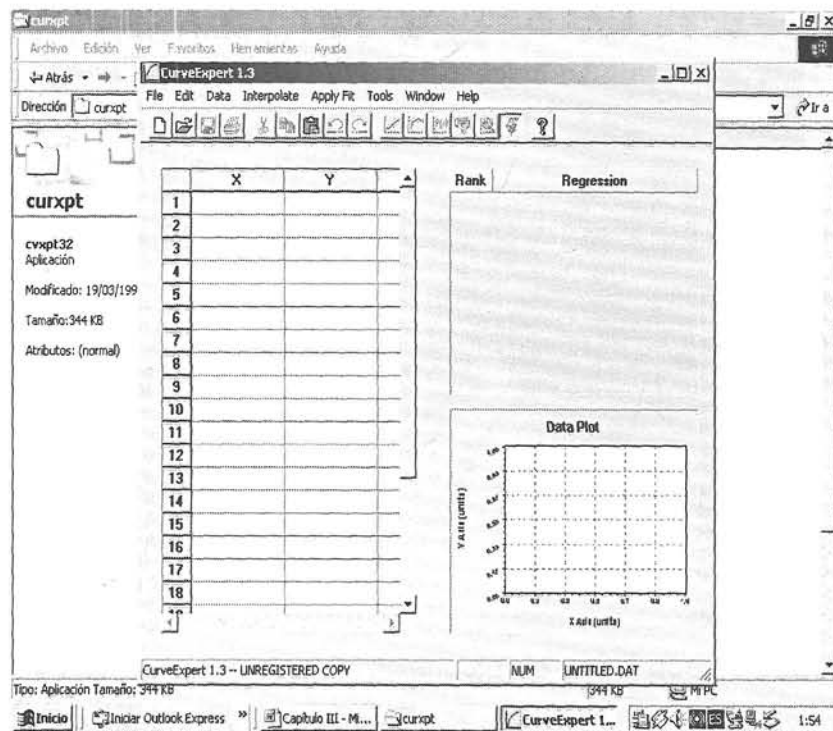


Figura 12. Ventana de entrada de datos del software Curve Expert para ajuste de modelos matemáticos.

Para realizar las mediciones se procedió de la siguiente manera: se seleccionaron en cada parcela 3 árboles, teniendo en cuenta su estado sanitario, fenotipo, incidencia de la luz y cercanía entre ellos; se tomó una muestra de hojas de cada individuo, se adjuntaron con una cinta adhesiva, se identificaron con una etiqueta y posteriormente fueron puestas en una pinza, la cual está unida a la unidad central del sistema por un cable, este además de de la cámara de medida con termopares y sensores de radiación interno y externo, sistemas de calefacción y refrigeración, incorpora los sensores IRGA, que son los responsables de medir las concentraciones de vapor de agua y dióxido de carbono.

La cámara estándar permite medir un rectángulo de hoja de 2 x 3 cm (Figura 13).

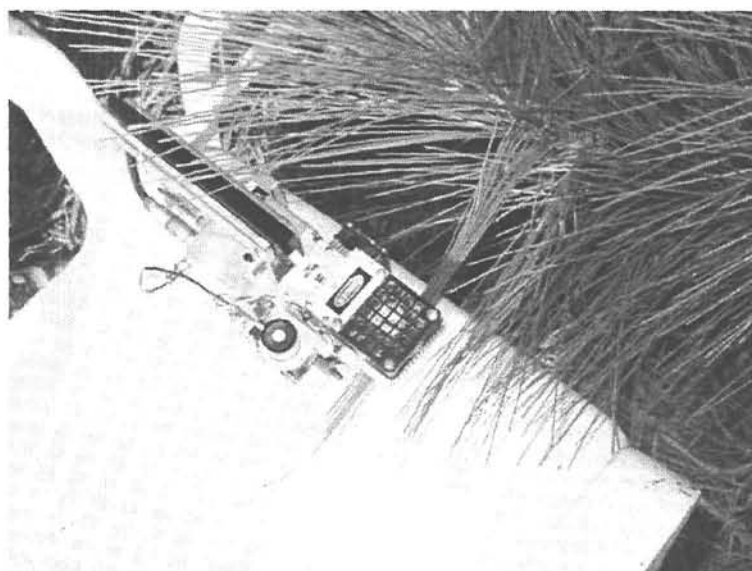


Figura 13. Pinza, que muestra el rectángulo de hojas que se prensa para las medidas de Fotosíntesis y Transpiración.

En cada una de las muestras se contó el número de hojas, y se midió el ancho medio o espesor por muestras, haciendo lecturas con el micrómetro ocular (Figura 14). Con esta información se determinó la superficie de la anchura, a través de la siguiente expresión:

$$S_1 = 3cm * anchura * No.hojas$$

S_1 : Primera superficie

3 cm: Indica el ancho de la placa

anchura: ancho de la hoja

$$S_2 = 3cm * \pi * \frac{anchura}{2}$$

S_2 : Segunda superficie

y finalmente se obtuvo una superficie más real:

$$S_{real} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

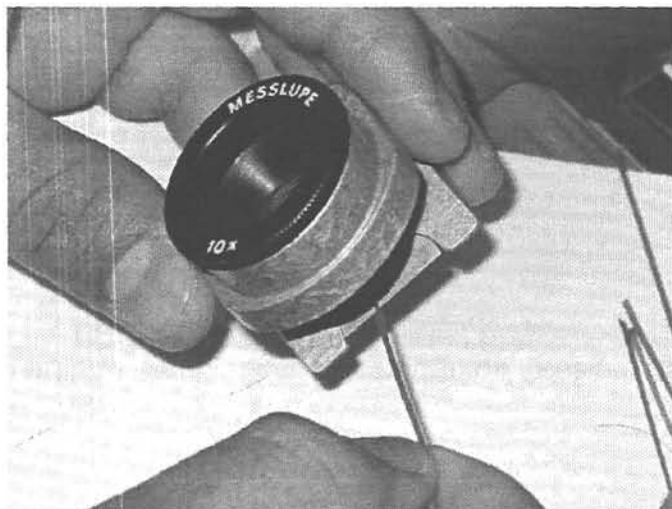


Figura 14. Micrómetro ocular para medidas de espesor.

3.2.3 Medidas de Potencial hídrico.

El Potencial hídrico se determinó con la Cámara de Scholander o cámara de presión (Figura 15), en horas de la madrugada y al mediodía, en cada una de las 8 localidades de estudio (Cajalbana, Marbajita, La Güira, Galalón, La Jagua, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar), adaptando la metodología descrita por Oliet (2001). Para ello se tomó una muestra de 7 plantas al azar por cada población, las cuales fueron cortadas con una tijera durante la madrugada, luego se colocó el material vegetal en el interior del cilindro de la cámara y se les aplicó una presión, la cual hizo que saliera una pequeña gota de agua en la superficie del tallo, marcando así el manómetro de la cámara el Potencial hídrico de madrugada (de base o al alba) y de igual forma se procedió para determinar el Potencial hídrico del mediodía.



Figura 15. Cámara de Scholander o cámara de presión para medidas de Potencial hídrico en las plantas.

3.2.4 Medidas de Transpiración cuticular.

La transpiración cuticular se determinó de la siguiente manera: se tomaron 7 muestras al azar de cada población, las cuales fueron saturadas la noche anterior y trasladadas al laboratorio, conservándolas en una nevera durante todo el viaje, a la mañana siguiente se pesaron en una balanza técnica digital SartoriusBL 1500, con un error de 0.1 g. Después de haberse pesado cada muestra, fueron colocadas en bolsas de polietileno y puestas en la oscuridad y se hicieron pesadas cada una hora, durante 8 horas hasta lograr el peso constante de las mismas. Al día siguiente fueron puestas en la estufa a una temperatura de 100^o C durante 4 horas aproximadamente hasta lograr que perdieran toda el agua y se tomó el peso seco de las mismas. Finalmente se calculó la transpiración cuticular, por la metodología de Olie (2001), como se expresa a continuación:

$$T_c = \frac{P_i - P_f}{P_s}$$

donde:

T_c = transpiración cuticular,

P_i = peso inicial (g)

Pf = peso final (g)

Ps = peso seco (g)

Con los valores de pesadas se realizaron curvas de pérdidas de peso, con la ayuda del procesador electrónico Excel.

3.2.5 Procesamiento estadístico.

Para el procesamiento estadístico en todos los análisis se utilizó el sistema automatizado SPSS para Windows versión 10.0.

Con los datos de precipitaciones media anual y altitud de cada una de las localidades de estudio se realizó un análisis de correlación, utilizando la correlación de Pearson.

Los resultados obtenidos en la caracterización química-física del suelo, fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

De igual forma las medidas de Potencial hídrico y Transpiración cuticular fueron procesadas mediante un análisis de varianza simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95% de confiabilidad.

También se hicieron correlaciones entre los valores de potencial hídrico al alba con el índice de grosor y potenciales hídricos con la transpiración cuticular.

3.3 Resultados y discusión.

3.3.1 Caracterización edafoclimática de las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.1.1 Caracterización climática.

La siguiente tabla ofrece la caracterización climática para cada una de las localidades de estudio.

Tabla 13. Información climática de las localidades de estudio.

Localidades	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (° C)	Precipitaciones media anual (mm)
Cajálbana	464	22.4	1 800
Marbajita	150	22.3	1 800
La Jagua	110	24.7	1 600
Galalón	150	24.3	1 800
Viñales	200	24.7	1 600
Sabanalamar	38	24.0	1 200 – 1 300
Pinar del Río	196	24.2	1 600
La Güira	110	24.3	1 600 – 1 700

La Figura 16, muestra una correlación débil entre las variables altitud y precipitaciones ($R=0.29$), aunque se observa de forma general que a medida que aumenta la altitud aumenta el número de precipitaciones.

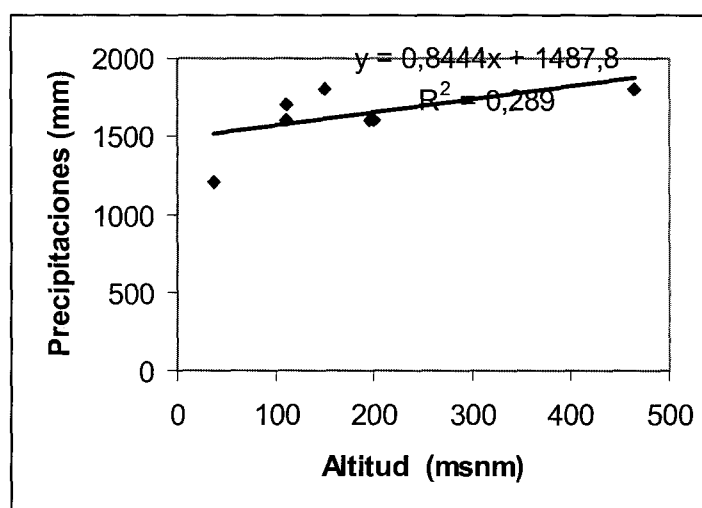


Figura 16. Correlación entre precipitación media anual (mm) y altitud (msnm).

3.3.1.2 Caracterización física y química del suelo por localidades.

La Tabla 14, indica los valores medios obtenidos a partir de los análisis estadísticos de la caracterización química del suelo para cada una de las localidades de estudio. En la misma, se aprecia que existen diferencias significativas entre cada una de las propiedades químicas analizadas, lo cual es una característica de la amplitud ecológica de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su ambiente natural, aunque se debe destacar, que esta se desarrolla con mejores resultados en edátopos relativamente más favorables, obteniendo incluso mayores incrementos, demostrado por (Samek y Del Risco, 1989 y Álvarez, 1987), señalando preferencias de pH para el endémico entre 5 y 5.5, típicos de la localidad de Cajalbana, donde predominan suelos ferríticos latosoles.

Tabla 14. Valores medios de la caracterización química del suelo por localidades.

Localidad	pH KCl	Mg/100 de suelo								
		Mg/100 gs. de suelo								
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	T	T-S
Viñales	3.8 ^a	3.48h	7.0h	1.15b	0.38cd	0.12b	0.19d	1.84c	8.79f	6.95g
Galalón	3.8 ^a	1.47b	6.0c	2.15f	0.38cd	0.06a	0.17d	2.76e	9.58g	6.82f
P. del Río	3.9ab	2.41d	11.67g	5.45g	0.64e	0.39d	0.30e	6.78f	13.91h	7.13h
La Jagua	3.9ab	3.08e	10.83f	1.57d	0.75f	0.12b	0.19d	2.63e	8.39d	5.76d
La Güira	4.0c	3.35g	8.0e	1.15b	0.35c	0.12b	0.17d	1.79b	6.01c	4.22c
Cajalbana	5.0d	1.21a	7.0d	1.44c	0.44d	0.21c	0.14c	2.23d	5.39b	3.16b
Marbajita	5.6e	2.01c	3.75 ^a	1.76e	0.20b	0.15b	0.12b	2.23d	2.89a	0.66a
Sabanalam	6.5f	3.27f	5.45b	1.02a	0.18a	0.7e	0.09a	1.07a	5.39b	6.21e
Std Desv.	0.98	0.85	2.5	1.39	0.19	0.20	6.07 x10 ⁻²	1.68	3.12	2.17
Std Error	0.17	0.15	0.45	0.24	3.37x10 ⁻²	3.62 x10 ⁻²	1.07 x10 ⁻²	0.30	0.55	0.38

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una P< 0.05.

Estos resultados muestran que son suelos ácidos, medianamente ácidos, ligeramente ácidos y neutros, siendo los más ácidos los del grupo de significación **a** (Viñales y Galalón) con un pH medio de 3.8 y los neutros (6.5), los de la localidad Sabanalamar; presentan pobres contenidos de fósforo, potasio y bases intercambiables, con excepción del sodio, que en la población de Sabanalamar fue alto, lo cual puede estar provocado por la cercanía de esta zona al mar. Estos resultados coinciden con los obtenidos por (Marrero *et al.*, 1998 y Mayedo, 2006).

León (2002), en una investigación sobre la economía hídrica de la vegetación de Sabanalamar San Ubaldo obtuvo resultados similares en esta zona.

García *et al.* (2006), por su parte, manifestaron que los suelos de Viñales son pobres, deficientes en bases intercambiables, y que se ajustan más a los requerimientos de *Pinus tropicalis* que a los de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Se puede decir que los suelos que presentan pH muy ácidos, por debajo de los límites de la especie, y carecen de macronutrientes se pueden manifestar como una barrera ecológica, ocasionando consecuencias indeseables para el desarrollo de la especie y todas las propiedades químicas analizadas en el ensayo, en la mayoría de los casos, se encuentran muy cerca o por debajo de los valores mínimos reportados por (MINAGRI, 1984).

Cairo y Fundora (2002), reportan que la T está dada por la suma de cationes cambiabiles existentes en el complejo absorbente del suelo y a medida que el suelo se acidifica pierde bases y gana en H^+ y Al^+ , por lo que no es conveniente que el porcentaje de saturación de bases sea bajo.

En la Tabla 15, se muestran las diferencias significativas de la caracterización física del suelo, obteniendo diferentes niveles de significación.

Tabla 15. Valores medios de la caracterización física del suelo por localidades.

Localidades	d= g/cm ³		hy (%)	Porosidad total (%)	lg %
	da	dr			
La Jagua	1,18f	2.28b	0.50c	48.24c	75.9e
La Guira	1,25g	2.33c	0.32b	53.65b	67.8c
Marbajita	1,11d	2.45d	3.99h	54.69d	50.15b
Galalón	0,98b	2.26b	2.66g	56.64f	69.22c
Viñales	1,05c	2.31c	1.32d	55.0e	74.26d
P. Río	0,86a	2.28b	1.95e	62.28g	68.07c
Cajálbana	1.15e	3.63e	1.98f	68.0h	41.97a
Sabanalamar	1.54h	2.11a	0.31a	27.01a	88.72f
Std. Desv.	1.19	0.45	1.22	11.5	14.04
Std. Error	3.41 x10 ⁻²	8.12 x10 ⁻²	0.21	2.04	2.5

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan con una $P < 0.05$.

La densidad aparente, según se muestra en la tabla anterior, varía desde muy baja, baja, mediana hasta alta, mostrando los suelos arcillosos valores más bajos y los arenosos más altos, como es el caso de la localidad de Sabanalamar, coincidiendo con (Cairo y Fundora, 2002), donde refieren que los suelos de partículas más finas poseen densidades aparentes más bajas que aquellos de partículas mayores. La densidad real, varía en este mismo orden hasta muy alto, perteneciendo la población de Cajálbana a esta última categoría, debido a la composición mineralógica de este suelo, con altos contenidos de hierro y aluminio.

El índice de grosor (lg), es un indicador importante para determinar la influencia del tamaño de las partículas en las propiedades físicas de los suelos. En la Tabla 15, se aprecia que los mayores porcentajes están representados en los grupos de significación d, e y f, perteneciendo estos a las localidades donde los suelos se clasifican de tipo arenoso (Sabanalamar) o de variedad arenoso (La Jagua y Viñales).

Ansorena (1994), reporta índices de grosor en sustratos de mezclas de corteza de pino con arena y lignito y con turba de 80%, muy cercanos a los índices obtenidos en la población de Sabanalamar (suelo arenoso).

En la Figura 17, se observa una correlación lineal decreciente entre el índice de grosor y la porosidad total ($R=0.61$), notándose que a medida que aumenta el Ig disminuye la porosidad, esto se debe, a que el Ig está determinado por la macroporosidad y lo que determina la porosidad en los suelos es la microporosidad.

Ansorena (1994), reporta valores de porosidad en un amplio intervalo, desde un 30% en suelos compactados hasta cifras del orden del 95%.

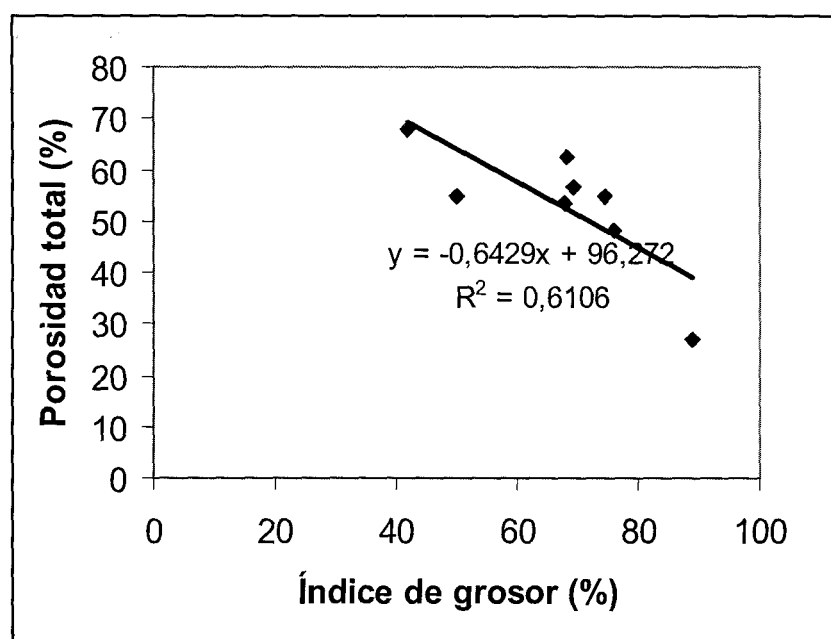


Figura 17. Correlación entre el Ig y la porosidad total (%).

3.3.2 Medidas de intercambio gaseoso en la especie.

3.3.2.1 Curvas de CO₂. Estudio de caso, ambiente de Viñales.

Las Figuras 18, 19, 20 (Anexo 3), reflejan el comportamiento de las curvas de CO₂ en *Pinus caribaea* var. *caribaea* (Pc), para cada uno de los tres individuos muestreados, y la Figura 21, una curva integrada de mayor ajuste, obteniendo una ecuación cuadrática, sin embargo, a nivel de individuos se presentan ajustes de modelos matemáticos diferentes. En todos los casos se aprecia que a medida que aumentan los valores de concentración intracelular de CO₂ la

fotosíntesis se hace mayor y mientras menor sea la concentración intracelular de la planta, menos fotosintetiza, reportándose tasas de fotosíntesis en la especie superiores a los 10 μ moles $\text{CO}_2 \times \text{m}^2$ hoja/seg.

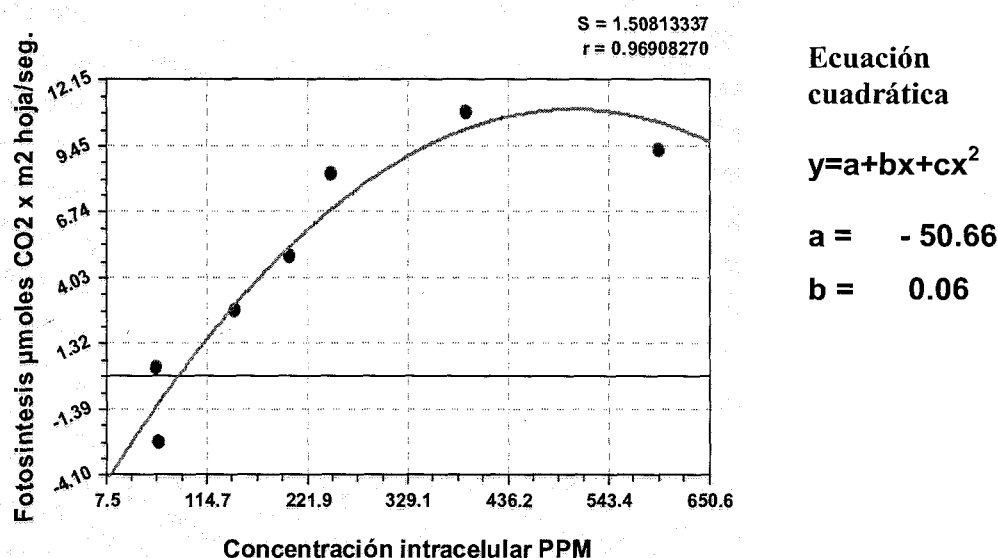


Figura 21. Curva integrada de CO_2 de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.2 Curvas de luz. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.

En las figuras 22, 23 y 24 (Anexo 3), se refleja el ajuste de las curvas de saturación de luz por individuos y en la Figuras 25, la integral para cada especie. En las mismas, es notable la presencia de un modelo de ajuste diferente para cada especie, también se observa claramente que a medida que aumentan los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR), aumenta la fotosíntesis, hasta alcanzar tasas de 5.46 y 8.82 $\mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja/seg.}$, siendo mayores en *Pinus tropicales*.

Oliet (2001), por su parte, reporta tasas de fotosíntesis en *Olea europea* de hasta 10 $\mu\text{moles CO}_2/\text{m}^2/\text{hoja/seg.}$

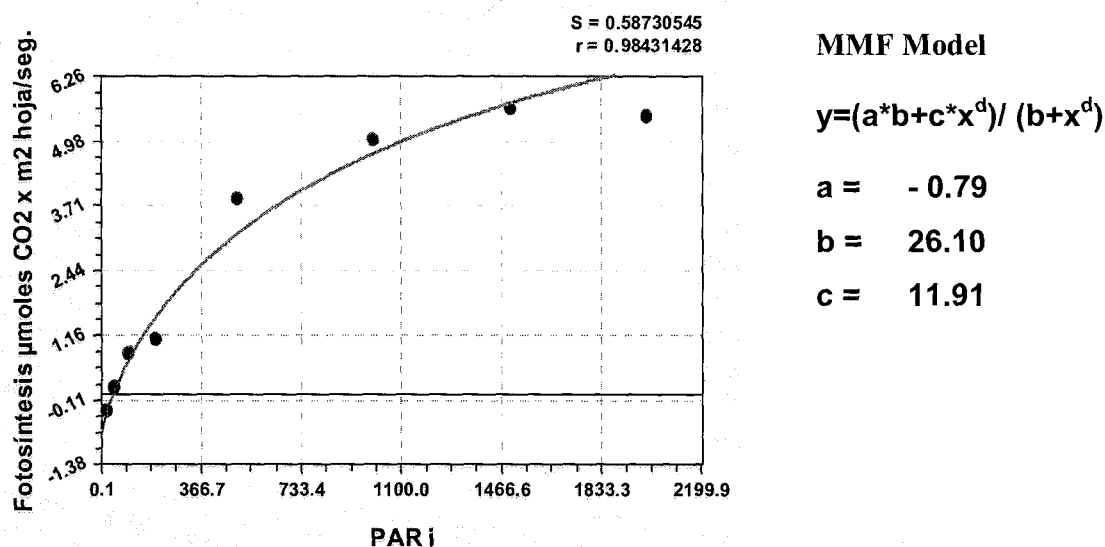


Figura 25. Curva integrada de saturación de luz de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.3 Curvas de fotosíntesis y transpiración de evolución en el tiempo. Estudio de caso, ambiente de Pinar del Río.

En la Figura 26, se muestra el comportamiento medio de la evolución de la fotosíntesis, apreciando fluctuaciones diarias. Las mayores tasas de fotosíntesis en las horas solares de la mañana se obtuvieron a las 10:00 AM, y precisamente a esta hora las plantas tienen abierto sus estomas; a partir de este punto disminuye la fotosíntesis, hasta las 2: 00 PM que este valor supera al de las 10.00 AM con valores de 6.03 μmoles CO₂ x m²/hoja/seg. y una diferencia notable de 4.26 μmoles CO₂ x m²/hoja/seg entre los valores mayores y menores de fotosíntesis en la especie, también se obtienen errores estándares superiores en este punto de evolución diaria (2:00 PM). Este comportamiento desde las 10: 00 AM hasta las 2: 00 PM, pudiera deberse a factores como la exposición del sol, las condiciones del ambiente y la arquitectura de las plantas, pues el movimiento del sol al parecer en estas horas del día permite que en determinados momentos la arquitectura de la planta provoque cierto sombreo y disminuya la intensidad luminosa hacia el interior del rodal. En este sentido Forset y Norman (1991), plantean que la probabilidad del paso del rayo solar a través de los elementos del dosel sin ser interceptados es una función del ángulo entre las hojas y la luz solar directa y el grado de dispersión del follaje, agrega que los efectos de sombra y el diámetro

del disco foliar pueden provocar agrupaciones de haces luminosos separados por intervalos de baja iluminación.

También, Orellana y Escanilla (1991), plantean que la dirección natural de la radiación fotosintéticamente activa complica la interceptación del coeficiente de absorción foliar íntimamente relacionado con la arquitectura de la planta.

Por otra parte, es válido aclarar que a las 4:00 PM se observan valores negativos, lo que quiere decir que a esta hora los mecanismos de respiración de las plantas son mayores que la asimilación de CO_2 , debido a un descenso en la fotosíntesis por la incidencia de la luz que favorece el cierre de los estomas.

Saquete y Lledó (2005), obtuvieron tasas de fotosíntesis de evolución en el tiempo, superiores en *Pinus halapensis*, del orden de $9 \mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$, en suelos de turba y $9.8 \mu\text{moles CO}_2 \times \text{m}^2/\text{hoja}/\text{seg.}$ en lodo.

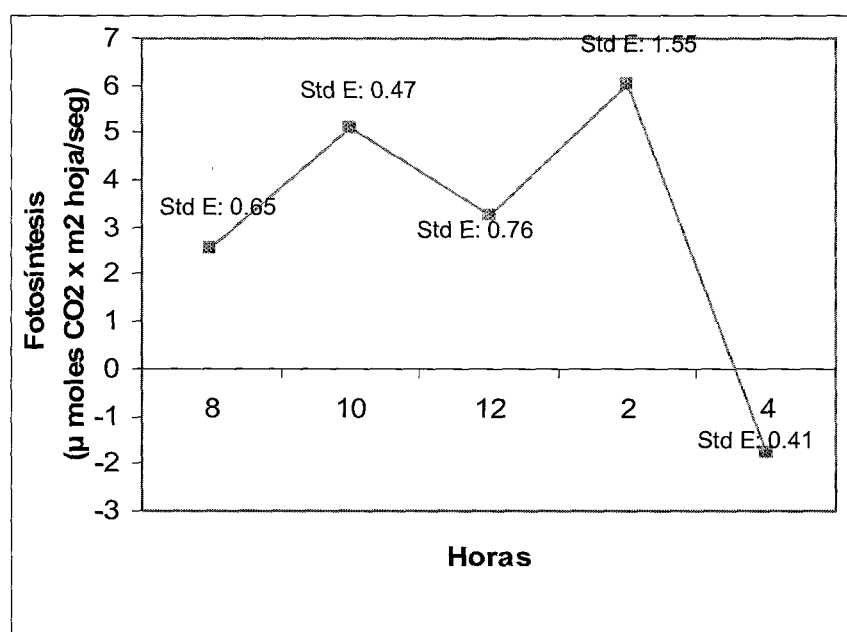


Figura 26. Comportamiento medio de evolución diaria de la fotosíntesis en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La transpiración se define como la pérdida de agua, mediante la evaporación, a través de los estomas y la cutícula de la hoja (Parra *et al.*, 2001).

Las tasas de transpiración de evolución diaria, se muestran en la figura 27. En la misma se observa un comportamiento creciente desde las primeras horas

solares hasta decrecer en el último punto (4:00 PM), debido a que a esta hora las plantas dejan de asimilar CO_2 y manifiestan un mejor control estomático, corroborando lo planteado por (Domínguez *et al.*, 2001).

León (2002), en un estudio similar en la zona de San Ubaldo, reportó tasas de transpiración de evolución diaria para *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea* var. *caribaea*, del orden de 6.44, 5.91, 9.07 y 9.72 mmol de H_2O x m^2 /hoja/seg. respectivamente, para la primera especie y de 3.49, 2.75, 3.38 y 2.59 mmol de H_2O x m^2 /hoja/seg. para la segunda.

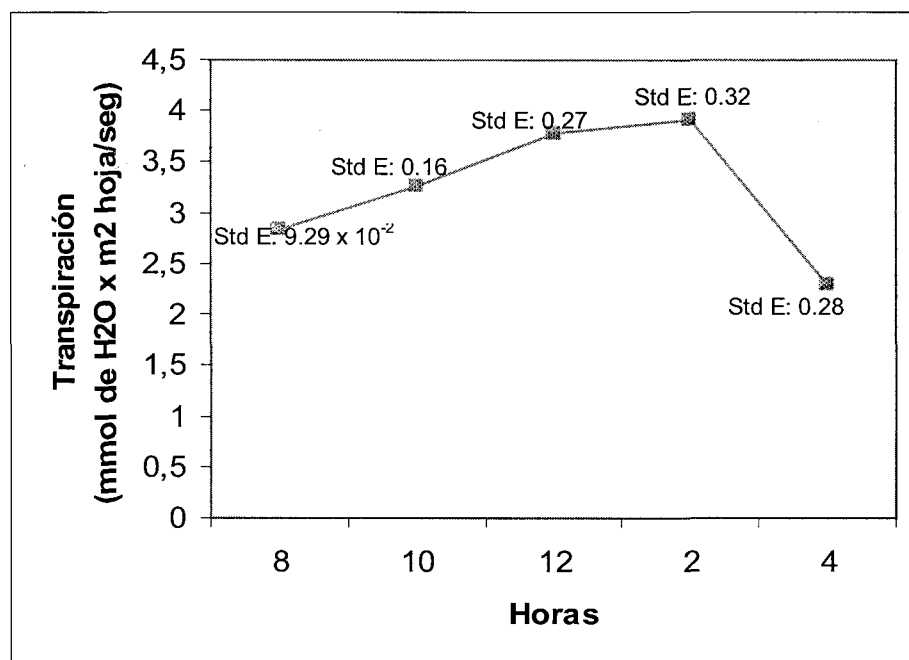


Figura 27. Comportamiento medio de evolución diaria de la transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

3.3.2.3.1 Conductancia estomática.

La conductancia estomática, como variable dependiente, inversa a la resistencia estomática, es una medida de gran importancia desde el punto de vista ecofisiológico, pues determina el momento en que se facilita el paso de CO_2 para el proceso de fotosíntesis en las plantas. La Figura 28, refleja las medidas de conductancia estomática a través del tiempo para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

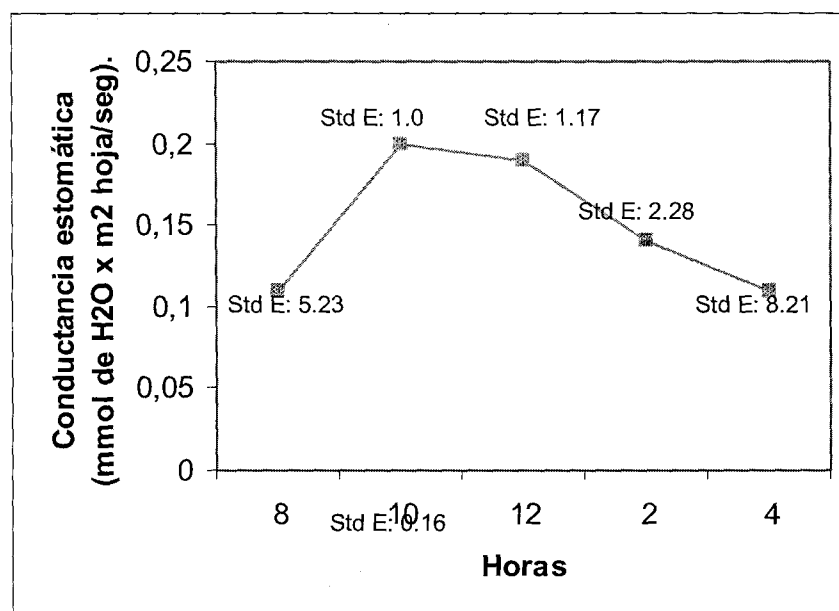


Figura 28. Comportamiento medio de evolución diaria de la transpiración en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Según Johnsen y Major (2004), la velocidad de transpiración depende tanto de la sequedad del aire (déficit de presión de vapor) como de la apertura de los estomas, la cual se estima por la medida de conductancia.

En el desarrollo de las mediciones en el tiempo, se destacan ligeras variaciones en lo que respecta a la conductancia estomática, presentando valores superiores a las 10:00 AM y más bajos a las 4:00 AM, producto del mejor control estomático expresado a esta hora del día coincidiendo con (Saquete y Lledó, 2005).

3.3.3 Superficie de anchura.

La Tabla 16, muestra los valores de la superficie de anchura en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Tabla 16. Superficie de anchura en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

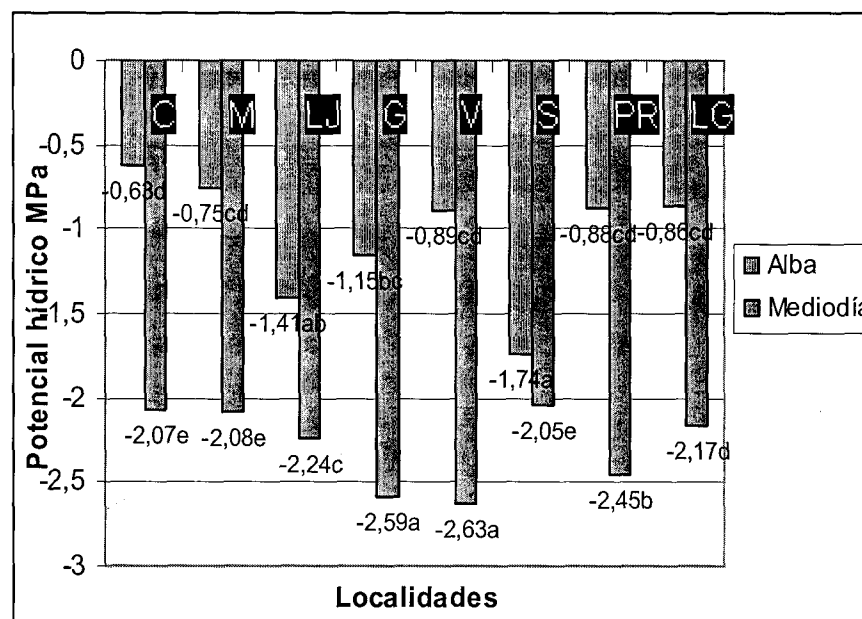
Muestras	No. Hojas	Ancho medio(cm)	S1 (cm)	S2 (cm)	Sreal (cm)
Pca1luz	70	0.1	21	0.47	10.74
Pca2luz	40	0.11	13.2	0.57	6.89
Pca3luz	40	0.11	13.2	0.57	6.89
Pc1	21	0.11	6.68	0.5	3.59
Pc2	21	0.1	6.3	0.47	3.39
Pc3	21	0.1	6.36	0.48	3.42

La superficie real representada en la Tabla 16, refleja valores superiores en la muestra Pca1luz, debido a que en la misma el número de hojas es mayor, pero si se analizan las restantes muestras teniendo en cuenta el mismo número de hojas se aprecia que las diferencias de superficie real no son muy notables.

3.3.4 Potencial hídrico.

La cantidad de agua en la planta suele evaluarse por medio del potencial hídrico, el cual es un indicador del estado hídrico. El mismo varía con las condiciones ambientales y con la época estacional del año (Oliet, 2001). En la Figura 29, se muestran diferencias significativas entre las medidas de potenciales hídricos al alba y al mediodía para cada una de las localidades, obsérvese que alcanza los máximos valores al alba y los mínimos (más negativos) al mediodía, esto se debe a que la salida del sol estimula la apertura de los estomas en la planta, lo cual indica las pérdidas por transpiración y provoca el descenso del potencial, coincidiendo con lo planteado por (Oliet, 2001), donde manifiesta que la mayor parte de los procesos fisiológicos que va a realizar la planta están relacionados con el estado hídrico de la misma al alba, además esta medida, estima muy bien la humedad en términos de potencial o energía, ya que de madrugada y después de muchas horas con los

estomas cerrados las plantas se convierten en manómetros del potencial hídrico del suelo.



En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$
 Alba: Desv Std. 0.48 y Error Std.. 6.47×10^{-2} y Mediodía: Desv Std. 2.23 y Error Std. 3.07×10^{-2}

Figura 29. Medias de Potencial hídrico al alba y al mediodía (MPa).

En la Figura 29, se observa que la localidad de Sabanalamar es la que presenta menos diferencia entre los potenciales hídricos de la madrugada y el mediodía (-0,31MPa), esto puede deberse, entre otras causas, a las características edáficas, pues se trata de un suelo arenoso, el cual retiene menos el contenido de agua pues se pierde por gravedad, y fundamentalmente al ambiente y a las características morfológicas, pues en esta zona se pierde poca agua al mediodía y además las plantas crean mecanismos ecofisiológicos, sufriendo diferentes modificaciones fisiológicas y morfológicas para poderse adaptar a ese medio, aún así los valores de potencial hídrico indican estrés hídrico en la planta, pues se encuentran por debajo de 0.4 MPa, considerando los criterios aportados por (Escarré *et al.*, 1997), donde valores menores de 0.4 MPa entre una y otra medida indican que existe una situación de estrés hídrico en la planta.

Estos resultados, se relacionan con el índice de grosor obtenido para esta zona, representado en la Tabla 15 y responde a los mayores índices, también se puede decir que en las localidades donde predomina este tipo de suelo (Sabanalamar, La Jagua, Viñales y Galalón, en menor medida) se obtienen valores de potenciales más negativos, indicando situaciones de mayor carencia de recursos hídricos que los menos negativos, incluidos dentro de los menos negativos, las localidades donde la especie se desarrolla sobre los suelos más arcillosos (Cajalbana y Marbajita), las cuales presentan niveles de significación muy similar en las medidas del alba y al mediodía, coincidiendo con lo expresado por (León, 2002).

También, León (2002), obtuvo valores de potencial hídrico en esta especie, que fluctúan entre -0.47/-0.96 al alba y -1.3/-1.45 MPa al mediodía, en suelos arenosos, al final de la época de lluvias y con antecedentes de fuertes precipitaciones.

Parra *et al.* (2001), reportan Potenciales hídricos entre -0.5 y -2.5 MPa, en hojas de manzano. Este mismo autor, agrega que el Potencial hídrico está en función del contenido de humedad en el suelo.

Oliet (2001), por su parte, informa valores de Potencial hídrico en la madrugada a lo largo de un ciclo de sequía de brinzales en *Pinus halapensis*, del orden de -0.3 hasta -2.5 MPa.

3.3.5 Transpiración cuticular.

3.3.5.1 Curvas de pérdidas de peso.

En la figura 30, se muestran las curvas de pérdidas de peso para cada una de las localidades. En la misma se puede apreciar que en las zonas de Sabanalamar, donde predominan suelos arenosos, y Viñales y La Jagua (suelos loam-arenoso), la curva de pérdida de peso presenta muy pocas variaciones, manteniéndose casi constante, en cambio, en los lugares donde abundan suelos arcillosos, las variaciones en la curva son mayores, lo cual se debe a que en los lugares donde carece de agua el suelo (suelo arenoso) las especies desarrollan cutículas gruesas para retener el agua, en cambio en los suelos arcillosos, hay agua y al no carecer del recurso las cutículas son más finas, pierden más agua y por tanto la variación en la curva es mayor.

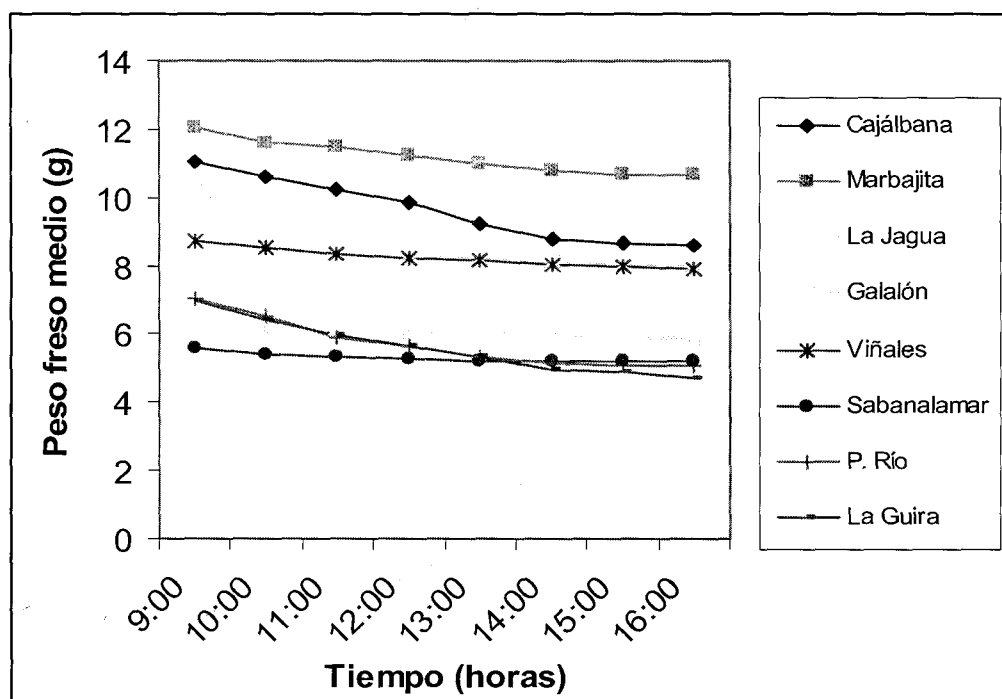
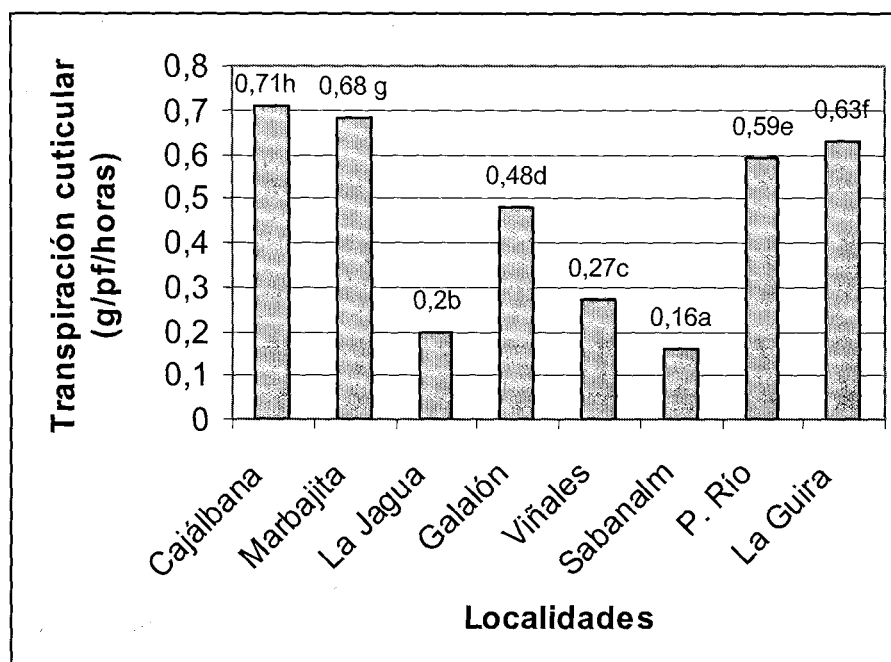


Figura 30. Curva de pérdida de peso por localidades.

3.3.5.2 Transpiración cuticular.

La transpiración cuticular o residual es la que se produce a través de las paredes celulares exteriores una vez que los estomas se han cerrado.

La Figura 31, muestra los resultados en el atributo fisiológico transpiración cuticular, evidenciando diferencias altamente significativas entre las localidades de Cajálbana y Marbajita, obteniendo la más alta tasa de transpiración cuticular, debido a lo planteado anteriormente, pues estos ambientes, por las características edáficas, y las adaptaciones de esos árboles a tener siempre el recurso disponible, presentan mayor retención de agua y hacen que la planta transpire más. Los menores valores pertenecen a la localidad de Sabanalamar, le sigue en orden descendente La Jagua y después Viñales, cada una en niveles de significación diferentes, siendo estas zonas las de menor capacidad de retención hídrica, por lo que se puede decir que uno de los factores que afecta la transpiración es el contenido de agua en el suelo asociado a características morfológicas que desarrollan las mismas.



En las barras letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Duncan $P < 0.05$. Desv Std. 0.21 y Error Std.. 2.83×10^{-2} .

Figura 31. Medias de Transpiración cuticular por localidades (g/pf/horas).

Villar *et al.*, (1997), encontraron diferencias significativas en la transpiración cuticular en plantas de *Pinus halapensis* y *Quercus ilex*, reportando tasas de transpiración, bajo esas condiciones, para la primera especie desde 0.8 hasta 1.1 mmol g^{-1} y en la segunda especie desde 0.07 hasta 0.1 mmol g^{-1} .

También Parra *et al.* (2001), reportan tasas de transpiración en hojas de manzano de 6 -18 $\mu\text{gcm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Villar *et al.*, (1998), refieren que las plantas de ambientes xéricos tienden a presentar tasas de transpiración cuticular inferiores a las de ambientes más mésicos.

Investigaciones realizadas por Abot y Sandi (1983), en *Pinus caribaea* a raíz desnuda, demostraron que aunque la apertura estomática depende de las circunstancias ambientales actuales, ciertos factores intrínsecos gobiernan las pérdidas globales por transpiración y dichos factores están a su vez dominados por las circunstancias ocurridas durante la formación de la hoja, agregan, que en la transpiración cuticular juega un rol importante el grosor de la cutícula, así como otros atributos morfológicos que la planta desarrolla bajo diferentes condiciones hídricas y así, la producción de hojas más cortas y robustas, con

menos superficie transpirante, está relacionada con la inducción de un cierto estrés hídrico favoreciendo la tolerancia a la sequía.

3.3.6 Correlaciones entre atributos ecofisiológicos.

Las Figuras 32 y 33, muestran las correlaciones existentes entre los atributos potencial hídrico con índice de grosor y potencial hídrico con transpiración cuticular, observe que en ambos casos se obtuvo una alta correlación ($R=0.71$), lo cual indica que el tamaño de las partículas del suelo influye grandemente en el estado hídrico de la planta y de igual forma la transpiración, reflejando que mientras mejor estado hídrico tenga la planta mejor será el comportamiento de la transpiración. Estos resultados se corroboran con los obtenidos por Oliet (2001).

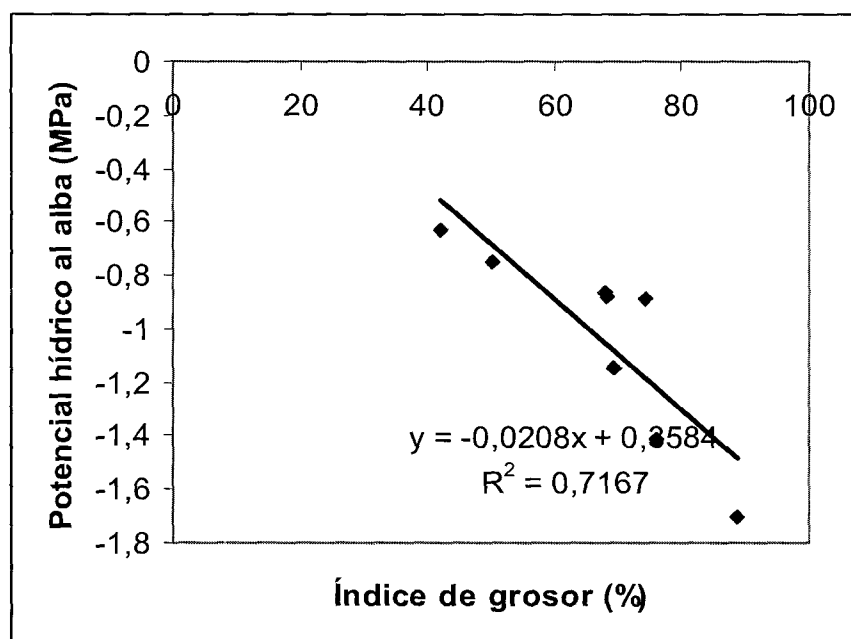


Figura 32. Correlación entre índice de grosor (%) y potencial hídrico (MPa)

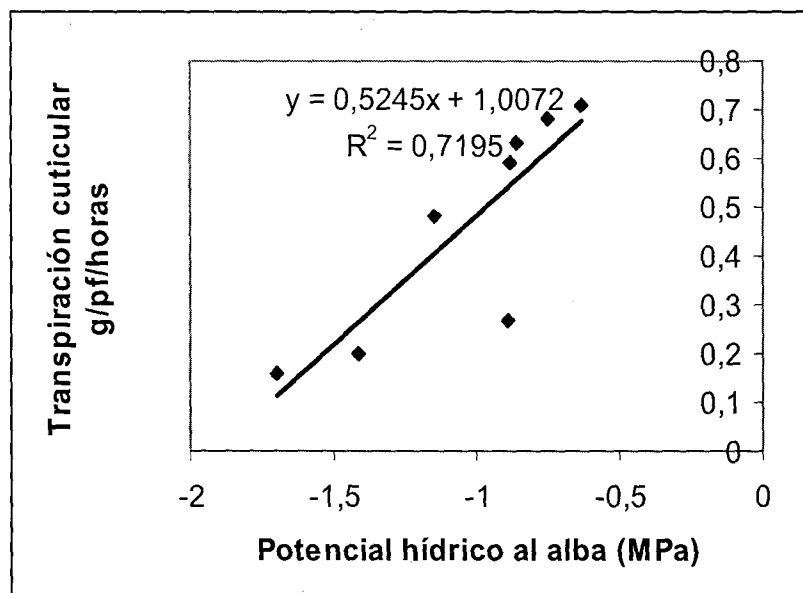


Figura 33. Correlación entre potencial hídrico (MPa) y Transpiración cuticular (g/pf/horas).

3.4 Conclusiones.

- La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* se desarrolla en una gran diversidad de ambientes, y en condiciones edáficas pobres y deficientes en contenidos nutricionales.
- Se aprecian diferencias notables en los modelos de ajustes de CO₂ y luz, así como tasas considerables de evolución diaria de la fotosíntesis y la transpiración, manifestando la especie un mejor control estomático a las 4:00 PM.
- La población de Sabanalamar presenta una situación de estrés hídrico (-0.3 MPa), siendo la de menores valores de transpiración cuticular, lo que demuestra que el contenido de agua en el suelo asociado a las características morfológicas afectan la transpiración.

Capítulo 4. Variabilidad morfológica y genética en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

4.1 Introducción.

El hombre a través de la historia ha dependido de las plantas para su supervivencia, estas en su estado natural tienen una dinámica evolutiva y están continuamente produciendo variabilidad. Tanto la variabilidad visible como la no-visible han sido usadas por el hombre para identificar, estudiar y utilizar las especies vegetales. En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Así, el genoma de las especies de animales o plantas contiene toda la información codificada en forma de genes que se necesitan tanto para establecer su identidad morfológica como para desarrollar todos los procesos y funciones vitales para su supervivencia. Se estima que las plantas superiores poseen un poco más de 400 000 genes con funciones particulares dentro de la especie y un buen número de ellos ha creado variantes por efectos evolutivos y del medio ambiente. Esas variantes se van acumulando entre los diferentes miembros componentes de la especie y la suma de todos los efectos de los genes y sus variantes es lo que se denomina variabilidad genética de una especie (Hidalgo, 2003).

La diversidad genética es la base de la capacidad de los organismos para adaptarse a los cambios en su medio ambiente a través de la selección natural. Las poblaciones con poca variación genética son más vulnerables a la aparición de nuevas plagas o enfermedades, contaminación, cambios climáticos y destrucción de hábitat debido a actividades humanas o a otros acontecimientos catastróficos. La incapacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes aumenta mucho el riesgo de extinción (Krutovskii y Neale, 2001).

La diversidad genética es producto no sólo del número de especies presentes sino también de los cambios sucesivos, desde la repoblación de claros por nuevas especies al estado de clímax del bosque maduro. La diversidad genética y los recursos aumentarán o se reducirán en algunas partes del bosque y en ciertos momentos de acuerdo con los sistemas de ordenación y de cómo se entienda la dinámica forestal (Hidalgo, 2003).

Dada la falta de información sobre la naturaleza y la distribución de la variación genética de casi todas las especies arbóreas en la mayoría de los bosques

tropicales, la estrategia más segura será conservar una amplia gama de proveniencias geográficas y ecológicas. Se deberá también proteger la integridad de cada una de esas poblaciones contra la contaminación genética que tendría lugar si se introdujera otra proveniencia de la especie (Kemp, 2005).

Para que se conserve una gran variedad de especies en los bosques naturales es indispensable mantener los elementos esenciales del ecosistema. Estos incluirán numerosas y complejas interacciones, por ejemplo, entre especies vegetales y los animales que las polinizan y dispersan su semilla. Por consiguiente, aunque el objetivo sea conservar algunas especies y poblaciones (Gilbert, 1980; Terborgh, 1986; Whitmore, 1990), citado por (Kemp, 2005).

Cualquier individuo sobre la tierra además de suponer de un componente genético característico de la especie a la que pertenece, dispone de un patrimonio genético propio y singular que lo diferencia de otros individuos de su grupo. Esta diversidad o variación encontrada dentro del rango jerárquico de la especie ha recibido diferentes denominaciones y acepciones: subespecífica o intraespecífica. Aunque se puede considerar la variación genética como los diferentes tipos de alelos y sus frecuencias presentes entre todos los miembros de una población considerada (acervo genético), no existe una única definición de variación genética para todos los propósitos (Fernández y Esquivel, 2001).

Los análisis de la diversidad genética han sido abordados desde tiempos inmemoriales a través de las variantes morfológicas aparecidas en la naturaleza, muchos de los cuales tienen un componente hereditario importante, mientras que otros constituyen diferentes respuestas de un mismo genotipo a las variaciones ambientales (Fernández y Esquivel, 2001).

Uno de los aspectos más importantes en conservación y genética es describir la arquitectura genética de las poblaciones naturales e identificar y ordenar las fuerzas y factores evolutivos responsables que expliquen dicha estructura genética. En un sentido más amplio, estos factores se pueden agrupar en abióticos (clima, localización, hábitats, etc.) (Fernández y Esquivel, 2001).

Alcolado *et al.* (2003), refieren que de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Diversidad Biológica constituye “la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas

acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas". La Diversidad Biológica se hace patente en todos los niveles de organización de los seres vivos. El gen, la célula, el individuo, la comunidad o el ecosistema, muestran diversos grados de variación, en dependencia de los procesos evolutivos inherentes a cada caso.

Este mismo autor plantea que existen tres niveles básicos: **Diversidad Genética, Diversidad Específica o de Organismos y Diversidad Ecológica o de Ecosistemas**. Como un caso particular provocado por el desarrollo de la sociedad humana, se considera a veces la diversidad cultural (interacciones del hombre a todos los niveles).

La **Diversidad genética**: es una función, en gran medida, de la historia evolutiva de la especie, de su aislamiento reproductivo y de la selección natural, es la variedad que existe dentro de organismos de una misma especie. En los genes, debido a diferentes causas, ocurren mutaciones o cambios al azar que dan lugar a la variación hereditaria dentro de la especie. De hecho, la variabilidad genética es tal que en el mundo no existen dos individuos de una misma especie que sean iguales. En este nivel están involucrados los cromosomas, genes y nucleótidos, entre otros

El gen es la unidad elemental de acción fisiológica y está directamente involucrado en la transmisión de los caracteres hereditarios, son moléculas extremadamente complejas, denominadas nucleoproteínas, que se localizan en el núcleo de la célula; su función es actuar como moduladores celulares en interacción con el ambiente, es decir, son los responsables de los cambios que se producen en las células (Alcolado *et al.*, 2003).

En cuanto al nivel de **Diversidad específica o de organismos**, señala que este concierne a todas las especies y formas de vida que pueblan el planeta.

El concepto de especie ha sido motivo de muchas controversias y de hecho existen varios (tipológico, nominalista, biológico, filogenético, etc.) pero al menos para aquellas de reproducción sexual se puede aceptar que "son grupos de poblaciones naturales con cruzamiento entre sí que están aisladas reproductivamente de otros grupos" (concepto biológico) (Alcolado *et al.*, 2003).

Esta enorme diversidad se agrupa, de acuerdo con una clasificación jerárquica, en categorías tales como reinos, filos o divisiones, clases, órdenes, familias, géneros, especies, subespecies y formas o variedades (existen otras categorías subordinadas a estas, que no se reconocen en todos los grupos) (Alcolado *et al.*, 2003).

La **Diversidad ecológica o de ecosistemas**: concierne a la heterogeneidad de ecosistemas presentes en una región o zona dada, y se entiende como el conjunto de individuos, poblaciones y especies que ocupan un área definida, incluidas todas sus interacciones y con el medio ambiente. Entre los componentes de la diversidad ecológica se hallan los biomas, los paisajes y los hábitats, entre otros (Alcolado *et al.*, 2003).

La diversidad genética contenida dentro de una especie determinará el éxito de la respuesta de ésta frente a los disturbios naturales o antropogénicos en el medio ambiente. Es necesaria para la evolución con fines de adaptación de las especies (Alcolado *et al.*, 2003).

La diversidad genética en la naturaleza es el resultado de la acumulación de mutaciones, mucha de las cuales han sido moldeadas por la acción de la selección natural, otras son incorporadas al genoma por procesos que ocurren al azar. Las variantes genéticas encontradas en la naturaleza están integradas no solo a funciones fisiológicas y bioquímicas de los organismos, sino también a sus relaciones ecológicas (Alcolado *et al.*, 2003).

Para Furnier (2004), los niveles de variación genética dentro de especies y poblaciones interesan en el manejo de recursos genéticos, porque la variación sirve como materia prima de la evolución y está relacionada con la habilidad de las poblaciones para adaptarse a cambios ambientales. Los patrones de variación dentro de especies interesan, ya que determinan la manera en que se explota y conserva estos recursos. Si hay pocas diferencias entre poblaciones, la pérdida de cualquier población no es tan grave debido a que no se pierde una unidad única genéticamente. Por otra parte, si las poblaciones son muy diferenciadas, cada una representa un recurso único y se tendrá que mantener más poblaciones en programas de conservación y mejoramiento.

Butcher, Glaubetz y Moran (2000), señalan que una información fidedigna sobre la distribución de la variación genética es un requisito previo para programar debidamente la selección, mejora genética y conservación de

árboles forestales. La variación genética de una especie se determina, ya sea midiendo en el campo los caracteres morfológicos y métricos o estudiando en el laboratorio los marcadores moleculares.

Medir e interpretar los niveles y patrones de variación genética necesita un entendimiento de las fuerzas evolutivas que moldean la variación. Hartl y Clark (1989); Molina (1992), citado por Furnier (2004), abordan que cuando se ve una planta, lo que se aprecia es su fenotipo, que es el resultado de la interacción entre genotipo y ambiente. Este mismo genotipo puede producir fenotipos diferentes cuando se encuentra en ambientes distintos (por ejemplo, un sitio rico en nutrientes vs uno pobre). Por eso, cuando vemos dos individuos de la misma especie que se encuentran en dos sitios distintos, es difícil decir qué tan diferentes son genéticamente porque está confundido con diferencias ambientales entre sitios. La manera más fácil de medir los niveles y patrones de variación genética es medir directamente la morfología en el campo.

Alía *et al.* (1999), plantean que la existencia de la variación genética en caracteres de interés para el repoblador, y el estudio de los patrones de variación geográfico de las especies, tienen una repercusión directa tanto en el uso en programas de reforestación como en la delimitación de regiones de procedencias. Las regiones de procedencias se basan en la relación entre variación genética y variación ecológica y geográfica.

En las especies forestales se han realizado una gran cantidad de estudios relacionados con sus patrones de variación. Los patrones de variación de cada especie dependen de su estructura genética, de sus poblaciones y de los factores que influyen en esta variación.

Las especies de género *Pinus* se destacan por presentar un alto nivel de heterozigosis en sus masas naturales, con valores muy elevados en comparación a otras especies vegetales (Hamrick *et al.*, 1992).

Las fuerzas que favorecen la conservación de la variabilidad son el flujo genético y la panmixia. Ésta parece derivar de la larga vida de estas especies, sometidas a ambientes muy variables durante su ciclo vital, que obliga mantener una alta diversidad (Alía *et al.*, 1999).

La adaptación a determinados factores climáticos y edáficos es uno de los principales aspectos de la variación genética por su importancia en el manejo de las especies.

Los ensayos en ambientes comunes constituyen la herramienta fundamental para detectar las diferencias genéticas en el comportamiento de las procedencias (Alía *et al.*, 1999).

Hidalgo (2003), plantea que como sucede con todos los organismos vivos que se desarrollan en condiciones naturales, la población de individuos que conforman una especie vegetal está bajo una continua interacción dinámica de adaptación con los factores en los que crece esa población.

Dichos factores son los bióticos (microorganismos, otras especies vegetales, animales inferiores y superiores) y los abióticos (clima y suelo), para ello, cada especie adapta la información contenida en el genoma de acuerdo con las necesidades de sobrevivir en su entorno. El resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética que a manera de variantes cada especie va guardando entre los miembros de su población, y que se va transmitiendo en las subsiguientes generaciones a través del tiempo (Hidalgo, 2003).

Existen numerosos tratados en los que se discute cómo se ha producido y aún se produce la variabilidad de las especies vegetales. Sin embargo, para los propósitos prácticos, las fuentes de variabilidad para las especies de plantas cultivadas se pueden resumir en las categorías siguientes (Hidalgo, 2003):

Evolutiva: Se refiere a la variabilidad producida durante los procesos evolutivos de especiación por los que haya pasado una especie, principalmente durante las etapas de aislamiento reproductivo, así como a la dinámica que la especie ha tenido y sigue teniendo en condiciones naturales.

Geográfica: Esta fuente de variabilidad es importante para un buen número de especies cultivadas que tienen un amplio rango de distribución geográfica, porque además de su dispersión natural, han sufrido una extensa dispersión artificial por acción del hombre. En términos generales, se espera que a mayor rango de dispersión geográfica de una especie vegetal, ocurra una mayor variabilidad.

Domesticación: Durante el proceso de domesticación de las especies cultivadas el hombre ha ejercido una fuerte presión de selección que ha permitido la preservación de muchas variantes, las cuales, posiblemente, hubieran desaparecido en condiciones naturales.

Expresión de la variabilidad: Toda la variabilidad producida se almacena en el genoma, es decir, entre los miembros de la población que conforman la especie, y puede o no expresarse en características que permitan ser identificadas. Por tanto, desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en dos grandes clases: (1) la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y (2) la que no se expresa en características visibles y que en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta.

Para Baena *et al.* (2003), conservar la diversidad vegetal implica mantenerla evolucionando para que genere nueva diversidad. Esto sólo se logra manteniendo las poblaciones vegetales en su ambiente natural, es decir, en los sitios donde se originaron o donde han desarrollado sus características.

Este mismo autor refiere que un sitio de conservación debe tener la mayor diversidad genética y morfológica posible, grandes poblaciones o poblaciones cuyo tamaño se pueda incrementar fácilmente, el mayor rango posible de condiciones ecogeográficas, condiciones que aseguren la conservación a largo plazo y un costo de adecuación y mantenimiento favorable en comparación con otras posibles áreas.

Las especies pioneras colonizan espacios vacíos relativamente homogéneos en cuanto a condiciones de crecimiento, mientras que las especies de mayor nivel evolutivo soportan una mayor heterogeneidad ambiental en espacio y tiempo, por lo que una mayor diversidad genética intrapoblacional debe ser más ventajosa. En caracteres adaptativos, una especie pionera como *Pinus pinaster* presenta una variabilidad entre poblaciones muy alta, mientras que en los marcadores neutros es la intrapoblacional la que alcanza valores próximos al 95 por 100 (Gil, 2003).

Gil (2003), plantea que con frecuencia se destaca la **variabilidad interespecífica**, evaluada por el número de especies que habita en un territorio, lo que responde a un aspecto puramente ecológico y prioriza a los poseedores de mayor diversidad. Sin embargo, la biodiversidad no debe ser contemplada bajo la simple enumeración de las formas de vida inventariadas. Se sabe que la variación no es fija y está ligada a modificaciones en el tiempo y en el espacio. La representación dinámica del medio está asociada al concepto de metapoblación, como el conjunto interconectado de poblaciones locales que

tienen una duración de vida limitada y que están ligadas por el flujo genético. La **variabilidad intraespecífica** contempla la existente entre las poblaciones de una especie o en el interior de una población; evalúa la diversidad de formas que pueden ser seleccionadas y que constituye la materia prima que permitirá que se produzca el cambio evolutivo y, en definitiva, la variación entre especies (Gil, 2003).

La **variación adaptativa**, ligada a caracteres que pueden ser seleccionados, está basada en rasgos cuantitativos que son controlados por genes de efectos pequeños y aditivos. Aspecto que implica que el efecto de la pérdida de un gen implicado en la regulación de un carácter cuantitativo puede ser sustituido por otro gen con similar influencia sobre el carácter; lo que quiere decir que muchos genotipos pueden dar los mismos fenotipos. Sin embargo los caracteres cuantitativos resultan difíciles de medir, están sometidos a la influencia del ambiente (suelo y clima) y han sido menos estudiados. Requieren ensayos de campo en los que se evalúan los comportamientos de procedencias y de progenies bajo las condiciones del lugar del ensayo. Estas pruebas permiten evidenciar las diferencias genéticas, pero sus resultados no son extrapolables a otras condiciones medioambientales, por lo que demandan superficies extensas, tiempo y medios económicos. Algunos de estos rasgos son de interés en la gestión forestal como puede ser la producción, evaluada a través del crecimiento en altura, la supervivencia o la forma del fuste. Los ensayos de campo permiten estimar los parámetros genéticos de caracteres mensurables, pero no pueden proporcionar información sobre genes particulares, ni indicar cuantos se encuentran implicados en el carácter medido, ni en que medida la variación fenotípica puede ser explicada por la variación en los genes (Gil, 2003).

Loo (2004), discutió la manera en que la reducción de la variabilidad genética, como un resultado de la deforestación, resulta en: eliminación de genotipos indeseables, invasión de especies inferiores, degradación de terrenos forestales y la creación de nuevas especies a través de hibridación.

Las diferencias en caracteres adaptativos implican la presencia de diferentes fuerzas selectivas. La escala sobre la que una especie muestra poblaciones con adaptaciones diferenciales al medio depende inevitablemente del grado de heterogeneidad de las características específicas de su hábitat y de la cantidad

de flujo genético. Una diferenciación marcada indica adaptaciones relacionadas con las condiciones ambientales de los sitios donde se desarrollan las poblaciones. La **adaptabilidad**, o capacidad que tiene una población para responder genéticamente o fenotípicamente al cambio en las condiciones ambientales, es una inversión en un futuro adaptativo incierto (Gil, 2003).

Los caracteres adaptativos son los que más interesan al forestal, pues reflejan procesos de selección reciente y están relacionados directamente con la producción y con el carácter protector que poseen las masas forestales (Gil, 2003).

Poblaciones con una débil variación genética son más vulnerables; pues la falta de capacidad para adaptarse al cambio aumenta el riesgo de desaparición. Las masas forestales con área de distribución extensa y polinizada por el viento son, en general, poseedoras de gran diversidad genética; cuya existencia es garantía de su supervivencia frente a un posible cambio no predecible. Los estudios filogeográficos muestran como los linajes generados a partir de los diferentes refugios glaciales poseyeron suficiente variación genética para permitir su adaptación a los nuevos hábitats conforme las especies se expandían a medida que se retiraban los casquetes glaciares. Tal ha sido el caso de los robles blancos, uno de los grupos mejor estudiados en Europa (Kremer y Neale, 2002).

Pinus caribaea var. *caribaea* ha sido una de las especies del género *Pinus* más estudiadas en Cuba en diferentes aspectos de su silvicultura y áreas de distribución, mostrando ciertos niveles de variabilidad. Por ejemplo, López (1982), plantea que *Pinus caribaea* var. *caribaea* es una especie muy plástica; con una tendencia a pequeñas modificaciones de tamaño de hojas y conos hacia el noroeste, por ejemplo las poblaciones del NE tienen aproximadamente 4 acículas por fascículos mientras que las NO son de 3-4 acículas por fascículos.

Zheng y Ennos (1999), detectaron gran variabilidad genética en diferentes poblaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en Cuba, siendo similares a la de otras especies del mismo género.

Geada (2004), refiere que es una especie muy variable a nivel molecular, con gran número de haplotipos en el cpDNA con cierta homogenización a nivel de

distribución de su variabilidad entre todas las zonas de la provincia Pinar del Río con escasa estructura genética.

4.2 Materiales y Métodos.

Se realizó una investigación a nivel morfológico y genético, en este último usando los resultados de Geada (2006 y algunos resultados inéditos) a partir de marcadores de ADN, en áreas de distribución natural de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, procedentes de las localidades Cajalbana, Marbajita, La Jagua, Galalón, La Güira, Viñales, Pinar del Río y Sabanalamar.

4.2.1 Evaluación del fenotipo.

Se evaluó el fenotipo de las masas naturales a través de parámetros cuantitativos como son la rectitud del fuste, la ramificación y el ángulo de inserción de las ramas considerando como buen fenotipo, de manera general, los árboles con buena rectitud, ramas finas, cortas y delgadas y un ángulo de inserción de las ramas cercano a 45°, a través de la metodología establecida por (Eldrige, 1973).

Para determinar el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta los criterios aportados por Machado (2002), donde plantea que para el cálculo del número mínimo de muestra requerida se debe considerar el coeficiente de variación o la varianza y el error de muestreo deseado para una probabilidad dada. En este caso, debido a la inexistencia de informaciones previas sobre los parámetros de la población objeto de estudio fue necesario realizar un muestreo piloto, con el objetivo de obtener estimaciones básicas para el cálculo de la intensidad de muestreo en el inventario y además se tuvo en cuenta que se garantizara la mayor variabilidad posible.

Las informaciones fueron tomadas en un intervalo de 16 - 20 unidades de muestreo, distribuidas aleatoriamente en cada una de las regiones de estudio, con dimensiones de 100 m² y de forma cuadrada. Se tomó la rectitud del fuste, como variable para calcular el tamaño de la muestra, donde fueron empleadas informaciones de las 16 unidades de muestreo. El mismo fue determinado por la fórmula de (Prodan *et al.*, 1997) considerando un error experimental, del 10 % ya que se trata de un bosque regular.

A partir de los criterios del evaluador en cuanto al fenotipo del arbolado se cuantificó que porcentaje representa cada localidad de árboles evaluados en las categorías de 5, 4, 3 y 2.

4.2.2 Parámetros morfológicos.

Para analizar el comportamiento y niveles de variación en los parámetros morfológicos de la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, se visitaron las localidades, en cada una de las cuales se seleccionaron al azar entre 13 y 37 árboles, teniendo en cuenta el tamaño del rodal. De cada uno de estos árboles se colectaron muestras de acículas y conos, fijando el mismo criterio en cada uno de ellos, de forma tal que se garantizara al máximo una mayor homogenización en la muestra.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la recolección y toma de datos de campo fueron los siguientes:

- orientación al Norte.
- Colectar ramas y conos de la parte media de la copa del árbol.
- Tomar agujas por fascículo de la parte más basal de la rama.
- Fijar una distancia de 100 m como mínimo entre la toma de muestra de un árbol y otro, para disminuir los efectos de la consanguinidad.

Con el propósito de determinar la magnitud y el patrón de variación individual en las poblaciones naturales de la especie se estudiaron 15 variables morfológicas en acículas y conos y 3 variables anatómicas en las acículas. Las variables estudiadas fueron:

- Peso del cono cerrado.
- Peso del cono abierto.
- Peso producción de semilla/ muestra de conos.
- Longitud de los conos.
- Ancho de los conos.
- No. escamas por cono.
- Largo de las escamas.
- Ancho de las escamas.
- Largo de la apófisis.

- Ancho de la apófisis.
- Largo del umbo.
- Ancho del umbo.
- No. de acículas por fascículos.
- Longitud de las acículas.
- Disposición estomática.
- Grosor de cutícula.
- Número de canales esquizógenos resiníferos.

En total se recolectaron 50 conos en cada una de las localidades, los cuales fueron expuestos varios días a pleno sol hasta lograr su dehiscencia, recolectando toda la semilla producida por cada muestra en cada localidad, las mismas fueron pesadas al igual que los conos cerrados y abiertos, en una balanza técnica digital SartoriusBL 1500, con un error de 0.1 g.

En cada cono se midió el largo y ancho con una regla graduada en cm y se contó la cantidad de escamas de cada cono, tomando el valor promedio por cada cono y se midieron la longitud y el ancho de las escamas con una regla, también se midió en las escamas el largo y ancho de la apófisis y el umbo, estas dos últimas fueron medidas con un micrómetro ocular.

Se contó el número de agujas por fascículos, seleccionando una muestra al azar de 100 agujas por cada árbol, en cada procedencia, y se registró la cantidad de árboles en que se colectaron fascículos de 2, 3 y 4 agujas.

A cada una de las acículas se les midió el largo y el ancho. El largo se determinó con una regla graduada en cm y el ancho con un micrómetro ocular.

Además se hicieron cortes anatómicos en las acículas por cada una de las localidades, utilizando una cuchilla bien afilada y tratando de que el corte fuera lo más fino posible y sin dañar los tejidos, los cuales fueron observados en el microscopio óptico. Las variables utilizadas en el estudio anatómico fueron la disposición estomática (número de estomas por fila), el grosor de cutícula, y el

número de canales esquizógenos resiníferos, realizando mediciones en cada uno de ellos, con el uso del software Imagen Toll.

4.2.3 Procesamiento estadístico

Para el procesamiento estadístico en todos los casos se utilizó el sistema automatizado SPSS ver. 10.0.

Con los datos obtenidos de la evaluación del fenotipo en cada una de las masas naturales se obtuvieron parámetros descriptivos y se realizó un dendrograma, utilizando el índice de afinidad de distancias euclidianas y el ligamiento de promedios entre grupos como método de aglomeración.

Se realizó un análisis de componentes principales, utilizando la correlación de Pearson, en 8 variables morfológicas de conos (Largo y ancho del cono, largo y ancho de la escama, largo y ancho de la apófisis y largo y ancho del umbo).

Se hicieron correlaciones entre las características morfológicas y algunos factores ecológicos y se construyeron curvas de regresión lineal. Las variables utilizadas fueron: largo del cono con la longitud geográfica; largo de la aguja con la altitud; largo de la aguja con la longitud geográfica y promedio de agujas por fascículos con la longitud geográfica.

Con las mediciones de largo y ancho de las agujas se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y pruebas de comparación de rangos múltiples de Duncan al 95 % de confiabilidad.

Se confeccionó un dendrograma general, a partir de conglomerados jerárquicos incluyendo un total de 22 variables de tipo ecológicas, morfológicas, anatómicas y fisiológicas, tales como: largo de la acícula, ancho de la acícula, número de acículas, grosor de cutícula, número de estomas, número de canales esquizógenos resiníferos, largo del cono, ancho del cono, largo de la escama, ancho de la escama, largo de la apófisis, ancho de la apófisis, largo del umbo, ancho del umbo, precipitaciones, altitud, tipo de suelo, propiedades química y físicas del suelo, potencial hídrico al alba, al mediodía y la transpiración cuticular, utilizando el índice de afinidad de distancia euclidiana y el ligamiento de promedio entre grupos.

4.3 Resultados y discusión.

4.3.1 Variabilidad fenotípica en poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

La Tabla 17, representa los valores estadísticos descriptivos para cada una de las variables del fenotipo, lo cual permite identificar para cada carácter las localidades que mostraron una mejor apariencia. El coeficiente de variación mostró valores superiores en el carácter ramificación (25.44 %), lo cual indica que existe una mayor diversidad de criterios de evaluación en cuanto a este parámetro, aunque de forma general los valores no son extremos y se puede clasificar como aceptable la conformación fenotípica. González y Pérez (1983), señalan que la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* muestra una excelente forma del fuste y buenas características de ramificación.

Tabla 17. Valores descriptivos del fenotipo en poblaciones naturales de la especie.

Localidades	Rectitud		Ramificación		Ángulo de ramas	
	Moda	CV (%)	Moda	CV (%)	Moda	CV (%)
Cajalbana	5	10.94	4	11.96	5	11.57
Marbajita	4	11.11	4	12.70	4	13.55
La Jagua	4	9.95	4	11.32	4	10.14
Galalón	3	18.44	3	17.95	3	18.15
Viñales	3	20.53	2	28.74	3	20.53
Sabanalamar	3	17.54	3	13.83	3	16.06
P. Río	3	18.86	3	13.04	4	14.12
La Güira	4	15.17	4	17.20	4	16.05
Std. Desv.	0.91		0.86		0.86	
Std. Error	4.41 x 10⁻²		4.17 x 10⁻²		4.13 x 10⁻²	
CV Total (%)	25.07		25.44		22.93	

En las Tablas 18, 19 y 20, aparecen representados los porcentajes obtenidos en la evaluación de los caracteres fenotipos de rectitud del fuste, ramificación y ángulo de inserción de las ramas, para distinguir las procedencias de buena, media y malas características en cuanto a estos parámetros.

La rectitud del fuste, permite distinguir los árboles más rectos y de fuste limpio. Los resultados que se presentan en la Tabla 18, indican que la mayor parte de la población se encuentra en las categorías 3 y 4, aunque también se destacan procedencias con características muy superiores en cuanto a este parámetro se refiere, tales como, Cajálbana, Marbajita y La Jagua, pudiendo considerarse genotipos ideales para la conservación de la especie.

Tabla 18. Comportamiento de la rectitud del fuste en los orígenes geográficos.

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%	N (3)	%	N (1y2)	%
Cajálbana	34	56.66	26	43.33				
Marbajita	30	50	30	50.0				
La Jagua	11	22.0	39	78.0				
Galalón			3	6.0	35	70.0	12	24.0
Viñales			10	20.0	30	60.0	10	20.0
Sabanalamar					34	68.0	16	32.0
Pinar del Río			21	42.0	25	50.0	4	8.0
La Güira	20	40.0	33	66.0	7	11.67		

La ramificación, al igual que otros parámetros presenta individuos sobresalientes, en este caso, distinguidos por ramas finas, cortas y delgadas.

El tamaño de las ramas tiene un efecto evidente sobre la calidad y tamaño de los nudos, ya que afecta la resistencia de la madera terciada y los tableros. La madera contenida en y alrededor de los nudos tiene en ocasiones un alto contenido de resina y un bajo contenido de celulosa (Zobel y Talbert, 1988).

Este carácter está representado en todas las categorías evaluadas, lo cual indica una gran diversidad de las poblaciones en cuanto a forma de las ramas, encontrando los más altos porcentajes en las categorías 4 (árboles de buena apariencia), predominando en mayor o menor cuantía en todas las localidades, pero con valores más elevados en las procedencias Cajálbana, Marbajita y La Jagua y en las categorías 1 y 2 (árboles de mala apariencia), están representados los orígenes geográficos de Viñales, Sabanalamar, Galalón y Pinar del Río, esto significa que parte de esta población está caracterizada por este defecto, lo cual influye en el espaciamiento, en la cantidad de árboles por hectárea y en consecuencia, en el rendimiento por ha y además en la calidad

de la madera ya que el grosor de las ramas es una variable asociada a la calidad de la madera porque interviene sobre el tamaño de los nudos.

Tabla 19. Comportamiento de la ramificación en los orígenes geográficos.

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%	N (3)	%	N (1y2)	%
Cajálbana	25	41.6	32	53.3			3	5
Marbajita	18	30	36	59.1	3	5	3	5
La Jagua	13	21.66	36	59.1	7	11.67	4	6.67
Galalón			11	18.33	34	56.67	15	25
Viñales			7	11.67	23	38.33	30	50
Sabanalamar			5	8.33	31	51.67	24	40
Pinar del Río			11	18.33	39	65	10	16.67
La Güira	9	15	30	50	21	35		

El ángulo de inserción de las ramas, también presenta una singular importancia. En la Tabla 20, se muestra que el máximo porcentaje de árboles con buenas características (4 y 5), en cuanto a esta variable, está representado por las procedencias Cajálbana, Marbajita, La Jagua y La Güira y el mayor porcentaje con características de mala calidad, o sea con defecto (1 y 2) pertenece a las procedencias Galalón, Viñales, Sabanalamar y Pinar del Río. Estos resultados son similares a los obtenidos por (García *et al.*, 2006), donde reportan el mayor porcentaje de árboles en las categorías de mejor apariencia fenotípica en las localidades de Cajálbana, Marbajita y La Jagua y los peores resultados en la localidad de Galalón, también (Mercadet *et al.*, 1990), y (González *et al.*, 1983), obtuvieron resultados similares a partir de un estudio con estos orígenes geográficos.

Tabla 20. Comportamiento del ángulo de inserción de las ramas en los orígenes geográficos.

Procedencia	N (5)	%	N (4)	%	N (3)	%	N (1y2)	%
Cajálbana	36	60.0	23	38.33	1	1.67		
Marbajita	21	35.0	35	58.33	4	6.67		
La Jagua			38	76.0				
Galalón			5	10.0	36	72.0	9	18.0
Viñales			10	20.0	31	62.0	9	18.0
Sabanalamar					37	74.0	13	26.0
Pinar del Río			27	54.0	23	46.0		
La Güira	12	20.0	39	65.0	8	13.33	1	1.67

La Figura 34, muestra el dendrograma realizado a partir de las evaluaciones del fenotipo de las masas naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

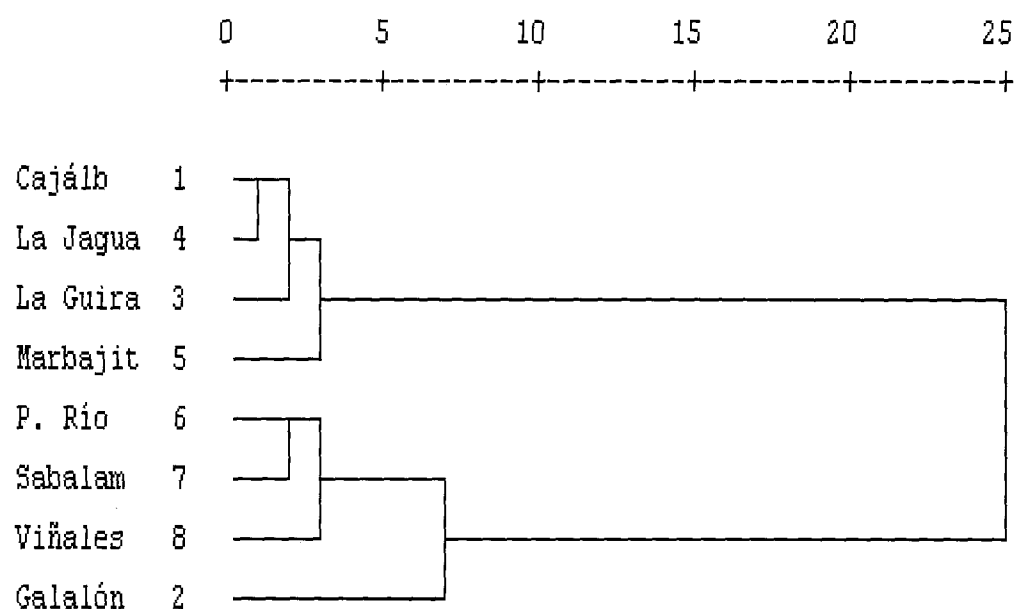


Figura 34. Dendrograma de las variables fenotípicas en masas naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

El dendrograma para el fenotipo, brinda la formación de dos grupos principales, uno compuesto por las localidades Cajálbana, La Jagua, La Güira y Marbajita, y otro por Pinar del Río, Sabanalamar, Viñales y Galalón, existiendo grandes diferencias entre ambos. Es importante señalar como en el primer grupo se encuentran asociadas las localidades donde la especie está formando masas homogéneas, en cambio en el segundo la especie se encuentra asociada a *Pinus tropicalis* o en áreas donde no debe permanecer, esto significa que probablemente el núcleo original de la especie sea el idóneo y se encuentra en las localidades comunes a los sitios de mejores resultados, coincidiendo con lo expresado por (García *et al.* , 2004).

Álvarez (1995), plantea que la distancia euclidiana por su parte mide la proximidad entre casos o grupos de casos y sus valores crecen en función de la distancia. Como se aprecia el grupo más distante es el segundo, con una distancia euclidiana de 8 unidades aproximadamente y es precisamente en esta asociación donde se encuentran las procedencias que arrojaron los peores resultados en cuanto a la evaluación de los parámetros rectitud del fuste, ramificación y el ángulo de inserción de las ramas.

Las variables fenotípicas, están muy influenciadas por el ambiente, es por ello que no en todos los casos un buen fenotipo es la expresión de un buen genotipo. En las Figuras 35 y 36 se presenta la correlación existente entre estas tres características y dos variables ecológicas (precipitaciones y altitud), así como las ecuaciones de regresión en cada variable.

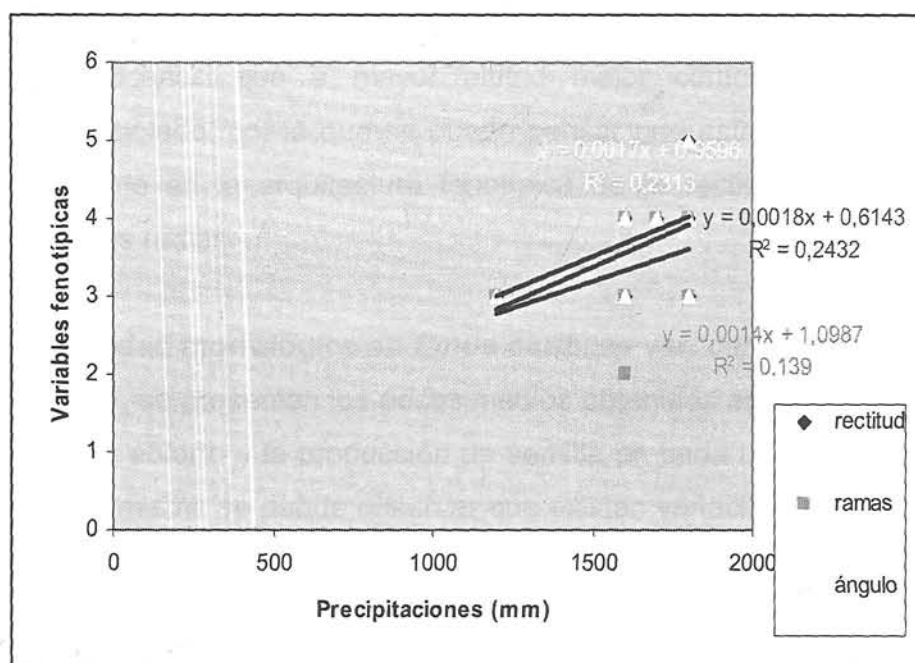


Figura 35. Correlación entre fenotipo y precipitaciones.

Como se observa en la figura anterior se obtuvo una correlación lineal creciente, lo cual indica, a modo general, que a medida que aumentan las precipitaciones los árboles adquieren una mejor apariencia, aunque el coeficiente de correlación mostró valores bastante bajos en las tres variables.

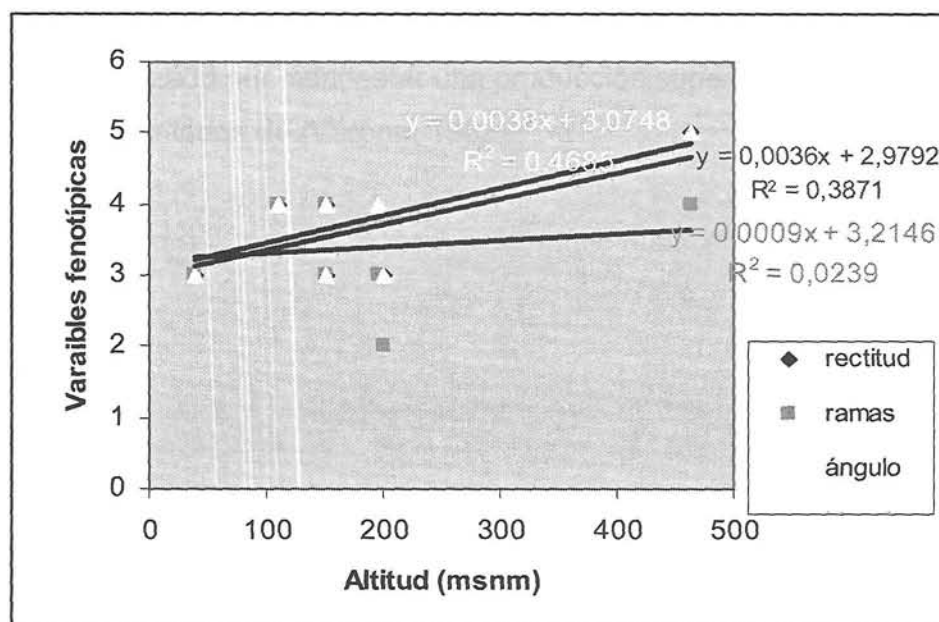


Figura 36. Correlación entre fenotipo y altitud.

Al igual que en la figura anterior la curva muestra una correlación lineal creciente, indicando que a mayor altitud mejor conformación fenotípica adquiere el arbolado, por lo que se puede pensar que esta variable ecológica es determinante en la arquitectura fenotípica de la rectitud y el ángulo de inserción de las ramas.

4.3.2 Variabilidad morfológica en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

En la Tabla 21, se presentan los pesos medios obtenidos en las variables cono cerrado, como abierto y la producción de semilla en cada una de las áreas de estudio. En la misma se puede observar que existen variaciones notables entre las localidades, siendo mayores en Cajálbana, La Güira, La Jagua y Marbajita, en ese mismo orden.

Betancourt (1966), plantea que la producción media por cono de *Pinus caribaea* es de 68 semillas. En este estudio se aprecia que solo las localidades de Cajálbana y La Güira superan la media por conos. Las variaciones dentro de la especie en cuanto la cantidad de semillas por cono pueden estar dadas por factores, como la procedencia y el año semillero, pero en este caso, además de la influencia de estos, los niveles de productividad pudieron estar afectados por el estado de deterioro a que están sometidas las masas naturales, incluso las masas semilleras de Marbajita y Cajálbana (101, 102 y 103) que históricamente se han caracterizado por manifestar una producción superior a la obtenida en el estudio, según criterios de (Varona, 1982).

Tabla 21. Peso medio de conos cerrados, abiertos y de producción de semilla por localidades (g).

Localidad	Peso cono c (g)	Peso cono a (g)	Prod. semilla (g)
Cajálbana	685,5	557,1	82.4
Marbajita	527,4	442,1	62.2
La Jagua	551,5	488,6	66.0
Galalón	402,5	364,6	38.6
Viñales	442,2	371,6	49.0
Sabanalamar	428,6	369,9	45.2
Pinar del Río	400,1	360,1	35.4
La Güira	610,1	526,2	71.0

En la Figura 37, se muestra el número promedio de escamas por localidades, mostrando mayor número las localidades La Jagua, Cajálbana, La Güira y Marbajita. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por López (1982).

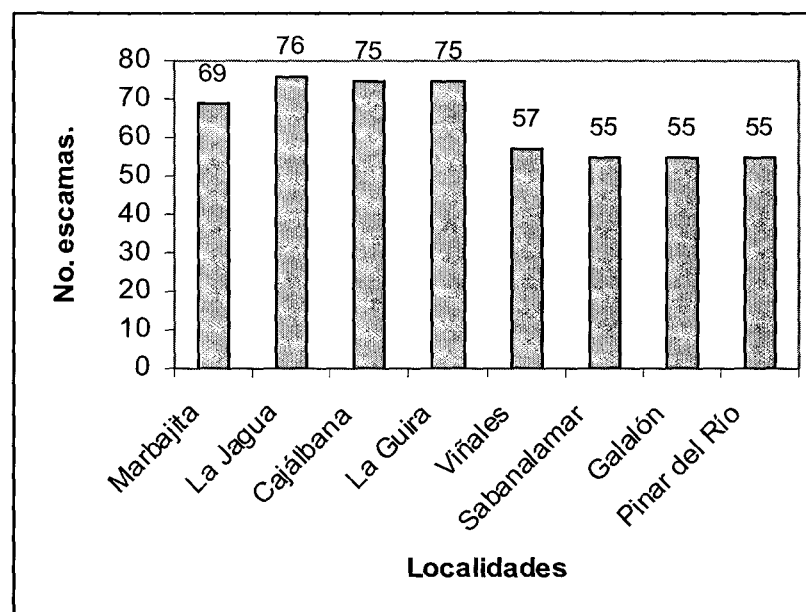


Figura 37. Número de escamas promedio por localidades.

El análisis de componentes principales para las 8 variables analizadas en conos y escamas, refleja muy poca dispersión. A continuación se presenta la matriz de correlación de Pearson obtenida a partir de este análisis (Tabla 22). La misma refleja que todas las variables estudiadas están muy relacionadas entre sí, mostrando el largo de las escamas y el ancho de la apófisis menos relación entre ellas y con las demás.

Tabla 22. Matriz de correlación entre 8 variables morfológicas en conos y escamas.

	Largo cono	Ancho cono	Ancho escama	Largo apófisis	Ancho umbo	Largo umbo	Largo escama	Ancho apófisis
Largo cono	1,000							
Ancho cono	,874*	1,000						
Ancho escama	,804*	,739*	1,000					
Largo apófisis	,818*	,753*	,945*	1,000				
Ancho umbo	,704*	,694*	,774*	,759*	1,000			
Largo umbo	,645*	,586*	,734*	,750*	,792*	1,000		
Largo escama	,391	,384	,496	,485	,401	,411	1,000	
Ancho apófisis	,461	,468	,592*	,675*	,524	,534	,448	1,000

* La correlación es significativa en el nivel $P < 0.05$.

La Figura 38, representa la correlación existente entre el largo del cono y la longitud geográfica, mostrando un coeficiente de correlación de 0.38, lo cual indica que esta variable no presenta alta relación con la longitud geográfica.

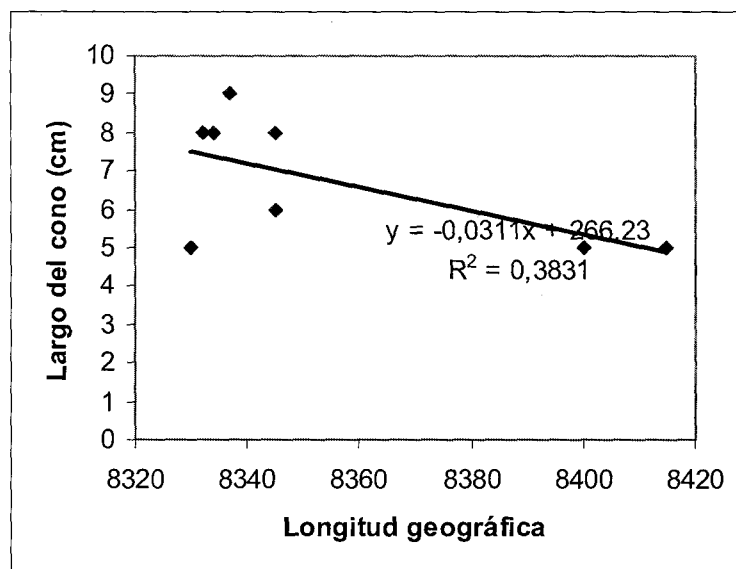


Figura 38. Correlación entre Largo del cono y longitud geográfica.

Las Figuras 39 y 40, reflejan correlaciones entre el largo de la aguja (la) con dos variables ecológicas (altitud y longitud geográfica). Como se puede observar el largo de las acículas muestra una alta correlación con la altitud, sin embargo con la longitud geográfica esta se hace más baja, lo cual expresa que esta variable morfológica está fuertemente influenciada por la altitud, aumentando en tamaño en los sitios de mayor altura.

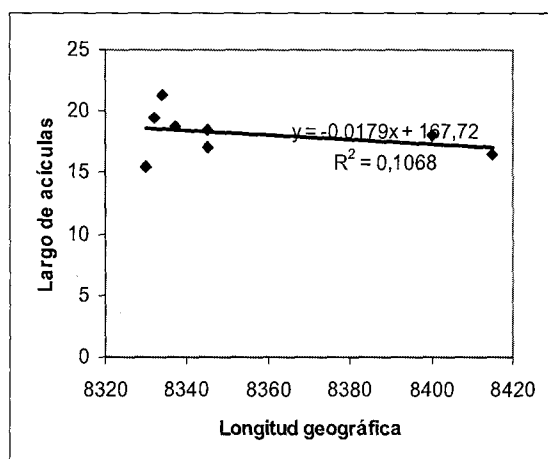


Figura 39. Correlación entre la y long. geog

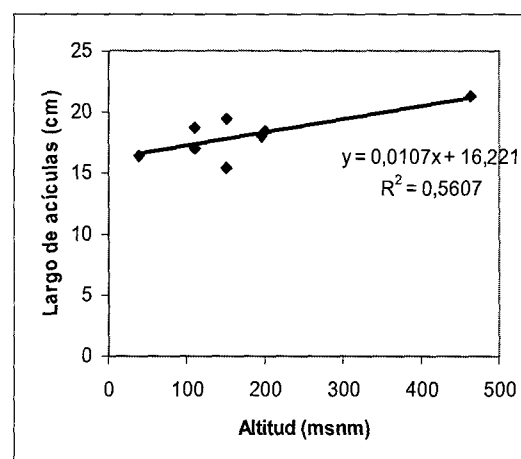


Figura 40. Correlación entre la y altitud.

El promedio de agujas por fascículo es una variable morfológica de gran interés en el género *Pinus*, debido a la gran variabilidad de agujas por fascículos que comúnmente muestra. En la Tabla 23, se observa la cantidad de árboles, así como el porcentaje que representan con fascículos de 2, 3 y 4 acículas reportados en cada una de las localidades.

Tabla 23. Cantidad de árboles con fascículos de 2, 3 y 4 agujas por localidades.

Localidades	Total árboles	de 2 agujas		3 agujas		4 agujas	
		No.	%	No.	%	No.	%
Cajálbana	34	6	17.64	34	100	14	41.18
Galalón	22	6	27.27	22	100	9	40.91
La Güira	37	3	8.11	37	100	16	43.24
La Jagua	15	3	20.0	15	100	5	33.33
Marbajita	32	5	15.62	32	100	13	40.62
Pinar del Río	13	2	15.38	13	100	3	23.08
Sabanalamar	16	7	43.75	16	100	0	0
Viñales	25	6	24.0	25	100	3	12.0

Los resultados de la tabla anterior, indican que todos los árboles muestreados de cada una de las localidades de esta especie tienen fascículos con tres agujas, también se encuentra un considerable grupo de procedencias con altos porcentajes en fascículos de 4 agujas, coincidiendo con lo obtenido por López (1978).

Little y Droman (1974), señalan que raramente se encuentran fascículos con dos agujas en esta especie, sin embargo, en el muestreo se detectó un porcentaje en mayor o menor cuantía en casi todas las localidades, siendo mayores en las poblaciones de Sabanalamar, Galalón y Viñales.

En la Figura 41, se muestra una alta correlación entre el promedio de agujas por fascículos y la longitud geográfica ($R^2 = 0.61$), indicando que la exposición influye en el número de agujas presentes en las localidades; evidenciándose que las localidades ubicadas al NE de la provincia de Pinar del Río (Cajálbana, Galalón,

La Güira, Marbajita y La Jagua), tienen un mayor número de agujas por fascículos, corroborando lo planteado por (López, 1982), donde las poblaciones del NE tienen aproximadamente 4 acículas por fascículos, mientras que las del NO presentan de 3 a 4 por fascículos.

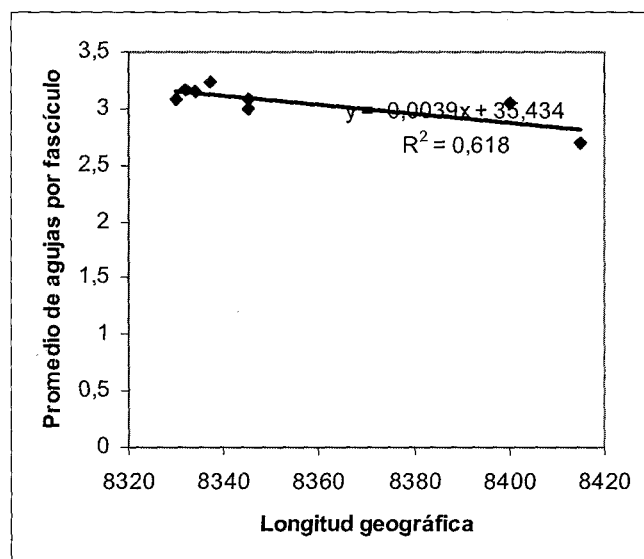


Figura 41. Correlación entre el promedio de agujas por fascículos y la longitud geográfica.

En la Tabla 24, se muestran los resultados que produjo el análisis estadístico para las variables largo y ancho de las acículas, mostrando en ambos casos diferencias altamente significativas. Se aprecia que los valores medios superiores de largo y ancho de las acículas corresponden a las localidades de La Güira y La Jagua y los inferiores a Galalón y Sabanalamar, existiendo variaciones notables entre ellos.

Tabla 24. Valores medios del largo y ancho de las acículas.

Localidades	Largo acículas (cm)	Ancho acículas (cm)
Galalón	16.05 a	8.56×10^{-2} a
Sabanalamar	16.25 a	9.16×10^{-2} ab
Pinar del Río	18.14 b	0.11 bc
Viñales	18.17 b	0.12 c
Marbajita	18.69 b	0.11 bc
Cajalbana	18.97 b	0.12 c
La Jagua	20.66 c	0.14 c
La Güira	20.71 c	0.13 c
Std Desv.	2.45	4.62×10^{-2}
Std Error	0.17	3.27×10^{-3}

Las características anatómicas son fundamentales en la descripción de las especies y al igual que las demás variables morfológicas muestran ciertos niveles de variación, (López, 1982). En la Figura 42, se presenta un corte anatómico de una aguja de ***Pinus caribaea*** var. ***caribaea***, así como la ubicación de cada una de las estructuras anatómicas estudiadas y los valores medios comprendidos a nivel poblacional.

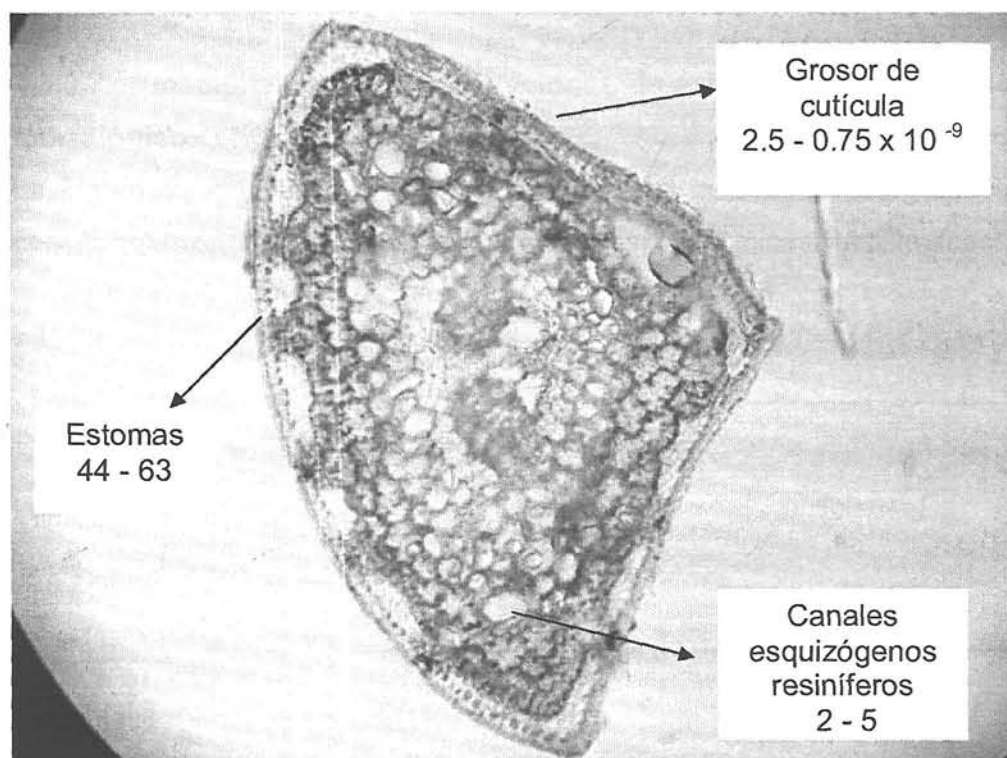


Figura 42. Corte transversal de una aguja de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y valores medios de cada una de las estructuras.

Las tres variables anatómicas estudiadas reflejaron diferencias notables entre las localidades. En el caso del grosor de cutícula los valores superiores corresponden a la localidad de Sabanalamar y los inferiores a Cajalbana, esto puede estar dado, fundamentalmente, por los mecanismos de adaptación por los que ha tenido que transitar las poblaciones de Sabanalamar, donde las condiciones edáficas no son las idóneas para el desarrollo de la especie.

En cuanto a los canales esquizógenos resiníferos, el mayor número de canales corresponde a las localidades de Cajalbana, Marbajita y La Güira, siendo estas las de niveles de producción de resina superiores, y el número de estomas resultó superior en las poblaciones de Galalón, Viñales y Sabanalamar, o sea en los sitios donde la especie se encuentra en mezcla con *Pinus tropicalis*, similar a lo observado por López (1979).

4.3.3 Agrupaciones entre las poblaciones de estudio a nivel ecofisiológico y morfológico.

La Figura 43, muestra un dendrograma general que refleja la agrupación de un conjunto de variables ecológicas, morfológicas, anatómicas y fisiológicas.

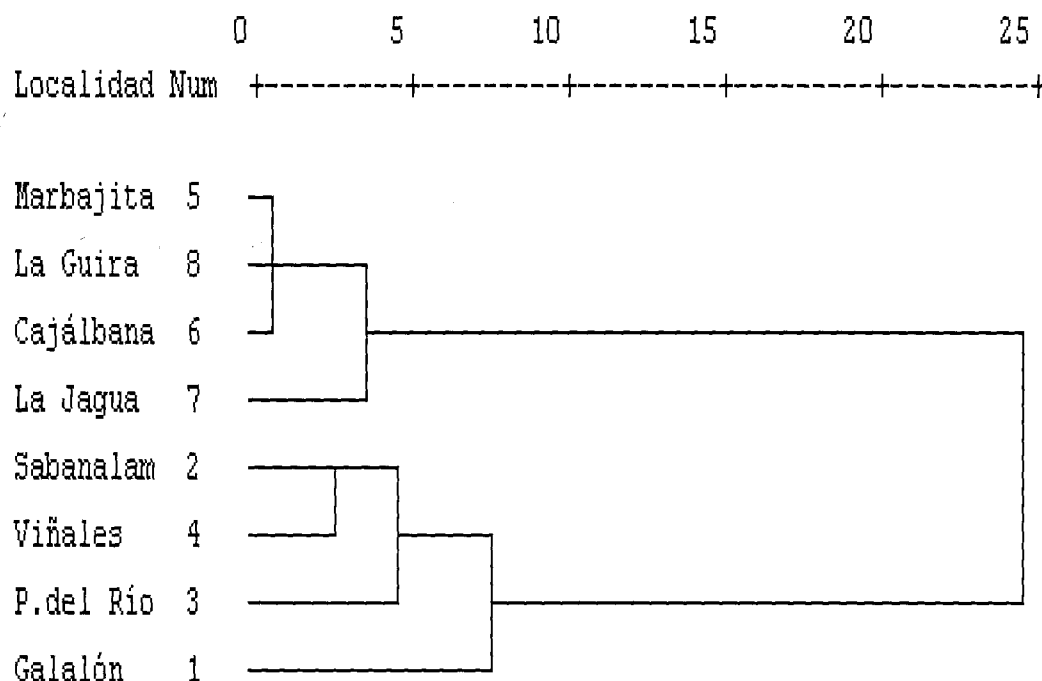


Figura 43. Dendrograma general, a partir de 22 variables de carácter ecofisiológico y morfológico.

La figura anterior muestra la formación de dos grandes grupos, uno compuesto por las localidades del NE (Marbajita, La Güira, Cajálbana y La Jagua), con un comportamiento muy similar entre ellas; y otro grupo predominantemente centro-NO (Sabanalar, Viñales, Pinar del Río y Galalón), aunque como se aprecia esta última localidad se ubica a una mayor distancia, lo cual indica que Galalón presenta características únicas a nivel ecológico, morfológico, anatómico y

fisiológico que le permiten diferenciarse de las restantes, pudiendo considerarse como una unidad diferenciada de las restantes.

Por su parte Geada (2006), realizó un estudio a nivel molecular con 5 loci de microsatélites nucleares, evaluando la variabilidad genética de la especie así como su consanguinidad. A partir de esto se obtuvo que la variabilidad fue homogénea, oscilando en valores de 0.08 - 0.10, y presenciando niveles de consanguinidad en las poblaciones entre 0.10 - 0.17, por otra parte la población de Galalón presentó características genéticas únicas, tanto a nivel cloroplástico como nuclear, proponiéndose que se considere una unidad genética única (Zheng y Ennos, 1999) y (Geada, 2004 a,b).

4.4 Conclusiones

- La especie *Pinus caribaea* var. *caribaea* muestra una alta variación altitudinal en el comportamiento de algunos caracteres fenotípicos y morfológicos, notándose una tendencia a promedios superiores en las poblaciones del NE, lo que provoca la diferenciación de dos grupos.
- La población de Galalón mostró características únicas a nivel ecofisiológico, morfológico y genético que le permiten diferenciarse de las restantes, pudiendo considerarse como una unidad distinta.

Capítulo 5. Estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

5.1 Introducción.

La diversidad biológica, su conservación e incremento, es uno de los principios básicos de la gestión forestal sostenible. La alta variabilidad genética de las especies forestales es responsable de los procesos de adaptación ante factores bióticos y abióticos extremos que, a su vez, aseguran la persistencia frente a los riesgos a los que están sometidas las masas forestales (Alía *et al.*, 2003).

La necesidad de conservar los recursos genéticos ha propiciado el desarrollo de nuevos proyectos y grupos de trabajo que tratan de establecer las metodologías a aplicar en una gestión forestal sostenible que favorezca la conservación de los recursos genéticos y que se convierta en un requerimiento más a cubrir en la gestión de los ecosistemas forestales. Para ello es fundamental el establecimiento de estrategias que apoyen el desarrollo de metodologías adecuadas y que se establecen como el mantenimiento de la capacidad adaptativa de las especies, mediante el mantenimiento de la estrategia reproductiva y sus niveles de diversidad genética en el rango de existencia de la especie. Estas estrategias han de apoyarse en aspectos legislativos, de coordinación y científicos (Alba, 2000).

Villa y Benoit (2005), plantean que como consecuencia del uso incontrolado de la vegetación y la consiguiente transformación del paisaje natural, actualmente, en el ámbito nacional e internacional, existen serios problemas derivados de la importante disminución de las masas vegetales naturales, lo que guarda relación con la extinción de especies, la erosión incontrolada, la desertificación y el aumento de la contaminación.

Salam (1999), señala que un mejor conocimiento de los factores clave que condicionan la conservación a largo plazo de los recursos genéticos forestales es fundamental para el desarrollo de estrategias eficaces de conservación. Estos elementos incluyen las fuerzas sociales, económicas y políticas, como el crecimiento de la población, el uso del suelo, las políticas gubernamentales y las demandas del mercado. La información sobre las actividades económicas reales y potenciales tales como la transformación del bosque, la expansión agrícola, el

desarrollo de la infraestructura, la explotación y las industrias, es útil para establecer las tendencias de la utilización de los recursos. También es necesario conocer los impactos de tales actividades económicas sobre los recursos genéticos de las especies elegidas, tanto a nivel de ecosistema como de población, a fin de evaluar la posible erosión genética.

Para Palmberg (2001), la conservación de la diversidad biológica forestal, incluidos los recursos genéticos forestales, es fundamental para sostener los valores productivos de los bosques, para mantener el estado sanitario y la vitalidad de los ecosistemas forestales, y de este modo, mantener sus funciones protectoras y ambientales.

Las principales estrategias de conservación de los recursos forestales son la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*. Ambas estrategias deben considerarse como parte integrante de los programas dirigidos a una mejor utilización de los recursos forestales y a la ordenación forestal sostenible (Palmberg, 1987).

Hay un amplio espectro de presiones que amenazan el bosque ahora y en el futuro próximo. Estas presiones incidirán sobre las estrategias de conservación, puesto que el efecto del método tradicional, es decir, evitar alteraciones, se reduce ante las previsiones de incertidumbres y cambios (Ledig y Kitzmiller, 1992; Ericson *et al.*, 1993), citados por (Roger, 2002).

Alba (2000), plantea que los principios que deben ser considerados en la formulación de una estrategia de conservación genética, son los siguientes:

Para especies de árboles ampliamente distribuidas, con un eficaz mecanismo de flujo génico, parece comprobarse que la adaptación a las condiciones locales del sitio *no es perfecta*.

El volumen de áreas selectivas contiguas con frecuencias alélicas casi homogéneas parece ser bastante grande; esto implica una capacidad de resistencia genética relativamente fuerte contra los cambios de las condiciones ambientales. Suponiendo que las condiciones ambientales no cambiaran en un futuro previsible, las tareas de conservación génica aparecerían como no muy apremiantes (Alba, 2000).

En cuanto, a las previsiones de inestabilidad climática y otros cambios incontrolables, parece, sin embargo, que *los mecanismos naturales de adaptación podrían no ser suficientes* para seguir la pauta de los cambios esperados (este podría ser incluso más el caso de las especies de árboles con mecanismos menos eficaces de flujo génico) (Alba, 2000).

Este mismo autor manifiesta que parte de esta estrategia debe adecuarse a las directrices de uso controlado de propagación de material forestal y tratamiento silvícola de las especies, ya que las medidas de conservación por sí solas serán demasiado limitadas como para poder tratar con la magnitud y complejidad del problema, plantea además que las fases clásicas en la conservación de los recursos son: el inventario, la recolección, conservación, caracterización y evaluación.

También Alía *et al.* (1999), agregan que de forma general, el desarrollo de una estrategia de conservación, debe considerar los siguientes aspectos:

- Recopilación de la información sobre la distribución, diversidad genética y pautas de variación. Análisis de la estructura genética, mediante marcadores bioquímicos y morfológicos.
- Reconocimiento del estado real de las masas, analizando los riesgos y presiones que afectan a las poblaciones, y su valor socioeconómico, ecológico y cultural actual y potencial.
- Elección de las poblaciones que es preciso salvaguardar: definición, integración y aplicación de las posibles actuaciones complementarias de conservación *in situ* y *ex situ*.
- Medidas y normas que serían convenientes para facilitar el desarrollo y aplicación de esta estrategia como parte de los programas de conservación nacional.

El desarrollo de estrategias de conservación y gestión para especies amenazadas se basa en estimaciones de la dinámica y la viabilidad de las poblaciones que se pretenden conservar. Los análisis de viabilidad poblacional proporcionan información sobre los efectos de diferentes grados de variabilidad ambiental (fluctuaciones climatológicas, presencia de polinizadores, herbívoros, y

otros) en la probabilidad media de extinción de las poblaciones o las tasas vitales (es decir, reclutamiento, crecimiento, fecundidad, y supervivencia) que más contribuyen a la tasa de crecimiento poblacional. Esto resulta determinante para la planificación adecuada de estrategias de conservación (Caswell, 2001).

Roger (2002), abordan que las acciones de un plan de conservación, como componente de las estrategias de conservación deben estar orientados a controlar y rehabilitar áreas frágiles o en estado avanzado de erosión, buscando ajustes o reorientaciones de los dispositivos legales y el fortalecimiento institucional en materia de recursos naturales y cuencas hidrográficas.

Los planes de conservación tendrán mayor validez cuanto más realista sean y que a su vez dependan del grado de conocimiento que se tenga del sistema que se quiere conservar (Picó, 2003).

Young y Clarke (2000), se refieren a la relación entre genética y demografía, la cual depende de cambios en el tamaño poblacional y de las tasas de consanguinidad, o los efectos de migraciones y extinciones en un contexto de metapoblaciones. A medida que aumenta el conocimiento ecológico de las especies a todos los niveles, más información de interés se puede modelizar con lo cual se incrementa notablemente el potencial de conservación.

Moritz (1998), plantea que la diversidad genética ha sido reconocida como un componente fundamental de la biodiversidad y resalta la importancia de los estudios que combinen la ecología y el genofondo de la especie, a su vez, Newton *et al.* (1999), en un estudio sobre la filogeografía molecular, variación intraespecífica y conservación de especies arbóreas, señalan que como resultado de la deforestación y sobreexplotación muchas especies de árboles recientemente se han visto afectadas, reportando 900 especies con categoría de extinción, incluidas dentro de estas más de 600 especies de coníferas. Esta preocupación ha sido un ímpetu para el estudio de la variación genética dentro de especies de árboles, por tanto la estimación de la variación genética es de importancia clave en el desarrollo de estrategias efectivas de conservación.

Moritz (2002), se refiere a los conceptos y criterios para la identificación de unidades de conservación dentro de especies teniendo en cuenta aspectos

ecológicos y genéticos. La identificación de unidades intraespecíficas para la conservación y manejo fue originalmente basado sobre reconocidas especies taxonómicas y prácticas que continúan en el presente. Sin embargo, hace dos décadas las deficiencias de este acercamiento han sido conocidas, incluyendo una aplicación desigual de las categorías taxonómicas.

El concepto de unidades significativas de evolución, fue introducido como guía priorizada de unidades intraespecíficas para el manejo cautivo si son adoptados en términos más generales para distinguir segmentos de poblaciones con calidad para protección (Moritz, 1994).

Newton *et al.* (1999), revisan a Moritz (1994), y definen las siguientes categorías de conservación intraespecíficas:

USE: Las unidades significativas de evolución, son poblaciones o demos que sean monofiléticas para alelos con mtDNA (animales) o cpDNA (plantas) y que se muestre divergencia significativa de frecuencia de alelos en loci nucleares.

Aunque las USE pueden ser definidas usando variedades de caracteres, los más veraces parten de datos ecológicos y del DNA y son los análisis filogeográficos los mas relevantes (Hoeland and Hodfield, 2002).

UM: unidades de manejo, aquellas poblaciones con divergencia significativa de frecuencia de alelos nucleares y/o mtDNA, sin distinción sobre la relación filogenética entre los mismos. La definición de tales unidades puede ayudar al desarrollo de planes para la conservación y uso sostenible de las especies arbóreas (Holsinger y Gottlieb 1991; Tempelton, 2002).

Hedrick *et al.* (2001), plantean que generalmente los marcadores genéticos neutrales, tales como microsatélites loci, son más apropiados para determinar la historia distintiva de las poblaciones y por lo tanto las USE y UM. Sin embargo, la preservación de variación adaptativa es fundamental para las intenciones de conservación y comenzar a designar a la vez las USE y UM.

5.2 Estrategia de conservación.

5.2.1 Lineamientos generales para el diseño de programas de gestión y estrategias de conservación.

La definición de lineamientos generales para el diseño de estrategias de conservación, constituye un documento básico para todos los factores e instituciones involucradas en la conservación de los recursos genéticos y forestales en Cuba.

A continuación se definen los lineamientos generales que deben ser incluidos en el diseño de programas de gestión y estrategias de conservación para una especie de interés forestal:

- Se debe recopilar información suficiente y eficaz sobre manejo, ordenación, conservación y utilización de la especie.
- Establecimiento de un banco de datos, donde se registre toda la información recopilada respecto a la especie.
- Se deben identificar las necesidades o prioridades específicas de conservación.
- Evaluación del estado de conservación de la especie elegida y descripción de la línea base para la conservación de la especie (características del medio, biota y aspectos socioeconómicos).
- Organización y planificación de actividades específicas de conservación.
- La estrategia debe responder a las siguientes interrogantes: qué, cómo y dónde.
- Análisis del marco legal del sector forestal en relación con la conservación de los recursos forestales.
- Antecedentes de estudios sobre evaluaciones de la variabilidad genética, ecológica y morfológica de las diferentes poblaciones de la especie.
- Selección de las posibles áreas de conservación.

Una vez identificadas las áreas de conservación el proyecto va precedido de los siguientes aspectos:

- * Resumen ejecutivo.
- * Descripción del proyecto de conservación.
- * Identificación y evaluación del deterioro de las poblaciones.
- * Plan de conservación y medidas adoptadas.

a-) Resumen ejecutivo

Este será un resumen ejecutivo del trabajo realizado que contendrá los datos de la entidad evaluadora y de las áreas de evaluación.

b-) Descripción del proyecto de conservación.

El objetivo principal de la descripción del proyecto de conservación es determinar las acciones del mismo, así como los impactos desde el punto de vista económico, social y ambiental.

c-) Identificación y evaluación del deterioro de las poblaciones.

A partir de la caracterización de las áreas de estudio se identifican los daños que se han generado sobre cada uno de los componentes del medio (físico, biótico y socioeconómico), así como las acciones del hombre en los ecosistemas, las afectaciones por incendios forestales, y las actividades de aprovechamiento forestal y posteriormente se procede a la evaluación de la intensidad y grado de amenaza de cada uno de los daños.

d-) Plan de conservación y medidas adoptadas.

Dentro de los programas de gestión y estrategias para la conservación de la especie se debe elaborar un plan de conservación y adoptar un conjunto medidas. El Plan para la conservación de las especies debe contemplar objetivos y líneas de acción, además se deben identificar reservas genéticas, clasificar hábitat, identificar unidades de gestión, unidades de conservación, de manejo y significativas de evolución.

5.2.2 Marco legislativo.

El marco legislativo en correspondencia con la conservación de los recursos forestales, es una necesidad vital, pues en la mayoría de los casos las dificultades en cuanto a la conservación versan en la carencia de políticas adecuadas, falta de control y gestión para garantizar el desarrollo exitoso de los mismos.

Contar con un componente legal que permita garantizar la conservación y desarrollo del patrimonio forestal sobre las más amplias y modernas concepciones de la sostenibilidad, es un reto de la humanidad. En el caso particular de Cuba, en material forestal, están vigentes tres instrumentos jurídicos: la Ley No. 85, Ley Forestal, aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Reglamento de la Ley y el Decreto 268, Contravenciones de las Regulaciones forestales.

La Ley perfecciona la legislación forestal del país adecuándola a las realidades y proyecciones de la nación en los albores del siglo XXI, aún así todavía queda mucho por lograr y poner en práctica en materia de legislación, debido a los problemas de deterioro y pérdidas de especies forestales por diversas razones, lo cual demuestra aún más la necesidad de fortalecer los mecanismos legislativos, en aras de lograr de la legislación forestal cubana un marco coherente, eficiente y eficaz.

Las leyes deben ser realistas y consecuentes con la política e institucionalidad forestal y fiscalizar el cumplimiento de la legislación dándole plena aplicación. En la misma es interesante lograr criterios de prevención y recuperación, con enfoques de planificación participativa para los instrumentos legales desde los niveles más inferiores hasta los superiores, debido a que en estos casos suele ser más importante la prevención que la sanción. La prevención se debe ver como el tema de conocimiento de la ley, la educación ambiental, los derechos y deberes, antes de, no después. Esta, es parte de la procuración y procurar justicia no es solo aplicar sanciones también lleva educación, por lo que se propone trabajar en la concientización y educación de todos los actores involucrados.

5.2.3 Diseño de la Estrategia de conservación.

El propósito de la Estrategia de Conservación para la especie *Pinus caribaea* var. *caribaea*, es ofrecer un marco de gestión para la conservación y mantenimiento de sus poblaciones naturales, lo que se traduce en la conservación intraespecífica de este recurso, conjugando los avances y experiencias obtenidas en la especie a diferentes niveles. Con el desarrollo de la misma se pretende fundamentar áreas apropiadas para obtener material de reproducción, como vía para garantizar la conservación de su genofondo y cuenta con tres etapas, una de diagnóstico, otra de evaluación, y la última de planificación.

En la etapa de planificación, se proponen dos aspectos fundamentales, uno encaminado a definir las unidades de conservación, unidades de manejo y unidades significativas de evolución. Sin embargo es de destacar que debido a las características de la especie en estudio, que cuenta con avances significativos en los programas de mejoramiento genético forestal, incluso en un segundo ciclo de generación en su fase final, donde están representados genotipos de especial valor, se hace necesario la definición de una nueva categoría para calificar estas áreas de mejoramiento genético, denominándose unidades especiales de conservación (**UEC**). Las mismas se definen como:

UEC: Áreas donde se realizan actividades operativas de mejora genética (pruebas de procedencia, progenie, bancos clonales y huertos semilleros), que cumplen con requerimientos de la conservación *ex situ* de genotipos superiores, y que en ellas se concentre gran parte de la variabilidad genética de la especie.

El otro aspecto de planificación incluido en la estrategia está dirigido a la propuesta de realizar cortas uniformes en todos los rodales donde las empresas han planificado tala rasa, con el objetivo de propiciar la regeneración natural, como vía factible para garantizar la conservación *in situ*.

Las poblaciones de estudio se definen en las siguientes categorías:

USE: Galalón.

UC: Sabanalamar y La Güira,

UM: Cajalbana, Marbajita, Viñales, La Jagua y las Masas Semilleras (101,102, y 103).

UEC: Malas Aguas, Martinitas (Huertos semilleros), Bancos Clonal Viñales (Banco clonal) y los ensayos de procedencia-progenie.

En cada una de las categorías definidas se proponen las siguientes actividades silviculturales:

UC: Se permiten talas selectivas, actividades de mantenimiento, enriquecimiento y plantación con material endógeno.

UM: Es permisible cualquier actividad silvicultural y la transferencia de germoplasma.

USE: Solamente son admisibles mantenimientos silvícolas.

UEC: Se admiten actividades de mantenimiento y tratamientos silviculturales.

En la Figura 44, se ilustra el diseño para el desarr/ollo de la estrategia de conservación para *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Es válido señalar que a pesar de estudiar la conservación a un nivel tan pequeño (intraespecífico) algunas de las áreas/o poblaciones propuestas dentro de las categorías de conservación de la especie se encuentran a su vez, bajo alguna categoría de conservación, a un nivel superior, reguladas y descritas por el CITMA.

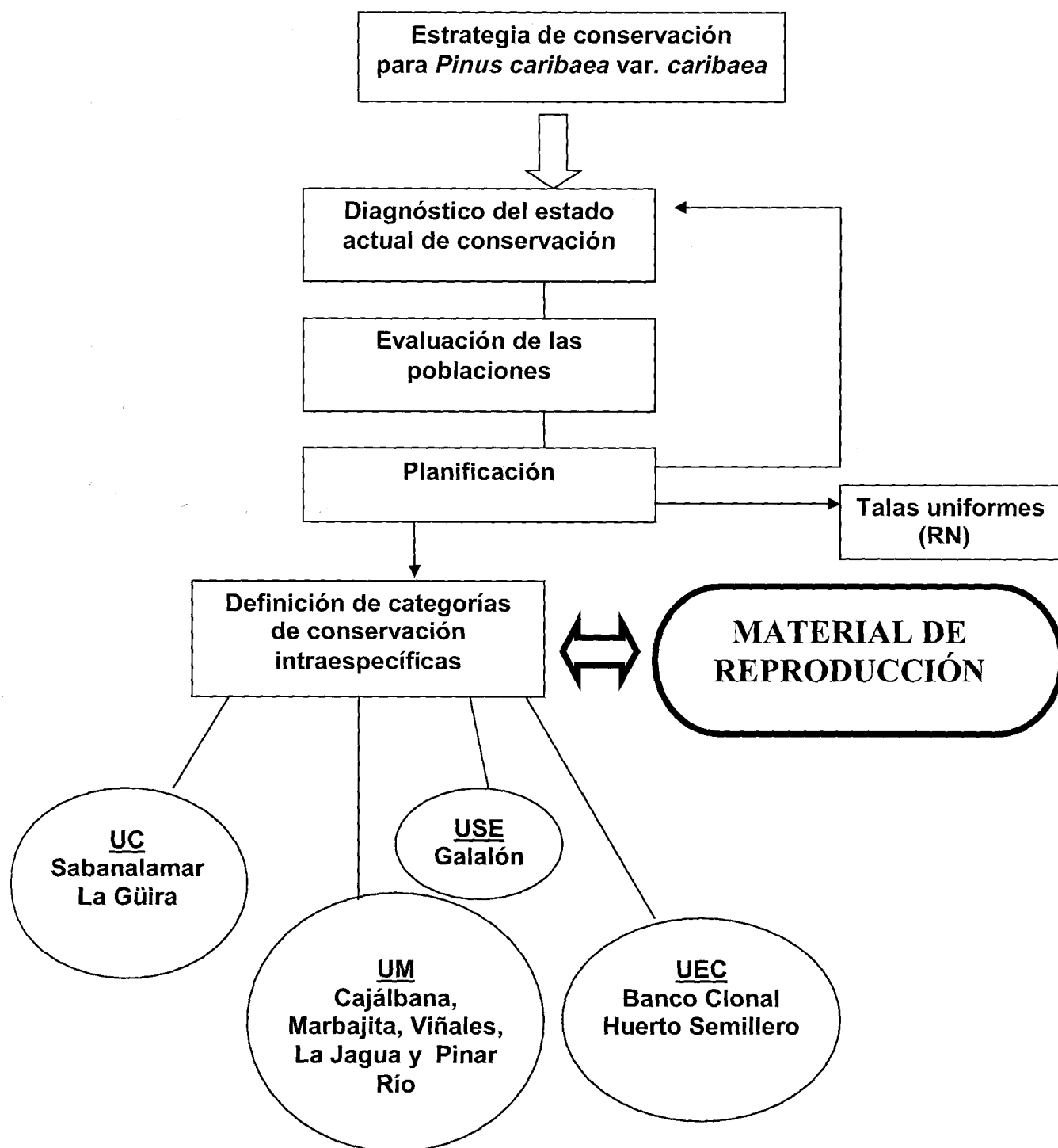


Figura 44. Algoritmo de trabajo para el desarrollo de la estrategia de conservación intraespecífica en *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

A continuación se propone un plan de medidas dirigido a la conservación de la especie:

- Divulgación de las áreas de mayor variabilidad donde se encuentra genofondo.
- Fortalecer el papel y la capacidad de las direcciones forestales, responsables de la toma de decisiones y de las comunidades en función de la conservación.
- Fortalecer el marco político/legal que incluya prácticas de aprovechamiento maderero, directrices de aprovechamiento maderero de impacto reducido, los criterios e indicadores para el manejo forestal sostenido así como criterios de conservación.
- Lograr una mejor inclusión en la ordenación de la planificación forestal de aspectos como: la identificación de los recursos genéticos existentes en el bosque, información básica sobre las áreas de conservación, su localización, extensión, límites, mapificación y estado actual de recursos.
- Lograr un equilibrio entre la conservación *in situ*, la ordenación forestal sostenible, la ordenación de áreas protegidas y también una fuerte complementación entre la conservación *in situ* y *ex situ*.
- Evaluar el impacto potencial de las amenazas externas, humanas y ambientales, sobre el bosque y sus recursos genéticos.
- Garantizar la regeneración natural en los rodales que muestren buena producción de semillas, antes de ser aprovechado.
- Asegurar los manejos silviculturales a cada categoría intraespecífica de conservación.

Conclusiones Generales

- Las poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea* han sido afectadas fundamentalmente por el manejo inadecuado, los incendios forestales y el aprovechamiento forestal, definidas en categorías de amenaza hasta riesgo reducido, y en niveles de seguridad medio, bajo y de riesgo.
- Los atributos ecofisiológicos en la especie están fuertemente influenciados por las condiciones edáficas asociado a sus características morfológicas.
- La variabilidad morfológica de la especie es muy amplia, con una tendencia a ser más variables en las poblaciones del NE, comportándose de manera similar la variación genética.
- Se muestra una divergencia hacia dos grupos dentro de la especie (NO y NE), mostrando la población de Galalón características únicas.
- Se definen las poblaciones de Sabanalamar y La Güira como unidades de conservación, Galalón como unidades significativas de evolución, Cajálbana, Marbajita, La Jagua y Viñales unidades de manejo y una nueva categoría (unidades especiales de conservación) relacionada con los programa de mejoramiento genético en la especie.

Bibliografía

- About, A y Sandi, S. 1983. Effect of restricted catering and its combination with root pruning on root growth capacity, water status and food reserves of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedling, *Plants and Soil* 71. p 123-129.
- Acosta, M. 2005. Comunicación personal. Especialista de Áreas Protegidas. Delegación Territorial del CITMA. Pinar del Río, Cuba.
- Aicher, C. 2002. El conocimiento técnico forestal y sus efectos en la política forestal en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. Editorial Extensión Rural. Universidad de Los Ángeles. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. p 13.
- Alcolado, P.; Martínez, M.; Cabrera, M. 2003. Comité de Oceanología Nacional. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/macuba/concientifico.htm>. (Consultado 14 de Abril, 2005)
- Alía, R; Galera, R. y Martín, S. 1999. Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares españoles. Monografías INIA: Forestal No.1. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 239 p.
- Alía, R.; Agúndez, D.; Alba, N.; Santiago, C.; Martínez, G y Soto, A. 2003. Variabilidad genética y gestión forestal. Año XII. No. 3. Centro de Investigación Forestal. Madrid, España. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion5.htm>.
- Alba, R. 2000. Conservación de los recursos genéticos del género *Populus* en España. Sistemas de recursos genéticos forestales. Fuera de serie No. 2. INIA. p 24. Disponible en: <http://www.fao.org/inia/004/y3582s/y3582s06.html>. (Consultado 12 de Mayo, 2004).
- Alvarado, V.M. y Solano. 2002. Medio o sustrato en la producción de vivero o plantas. Manual de producción de sustrato para vivero. Costa Rica. 51 p.
- Álvarez, B. A. 1987. Alternativas para el mejoramiento genético de los rendimientos de resina en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Revista

Forestal Baracoa. Vol. 17. No. 1. Ediciones cubanas. Ciudad de La Habana, Cuba. p 60.

- Álvarez, O.P.A y Varona, J.C.T. 1988. Silvicultura. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 354 p.
- Álvarez, B.A. 1992. Definición de los recursos filogenéticos forestales de interés productivo que deben ser objeto de la protección estatal. Informe final. Etapa 002.16.01. PCT. Biotecnology. Instituto de Investigaciones Forestales. 30 p.
- Álvarez, R. A. 1995. Estadística Multivariada y no paramétrica con SPSS. Ediciones Díaz De Santos, S.A. Juan Bravo, Madrid, España. 28006 p.
- Álvarez, B. A. 1998. Genética Forestal. Texto preparado para la maestría en Ciencias Forestales. Opción: Silvicultura. Universidad de Pinar del Río. Facultad Agroforestal. Ciudad de La Habana, Cuba. 156 p.
- Álvarez, B. A. 2002. Informe de país sobre conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos de bosques y árboles forestales. IIF. CATIG. Cuba.
- Ansorena, M. 1994. Sustrato, propiedades y características. Ediciones Mundiprensa. España. 172 p.
- Ares R, A.E. 1999. Tablas dasométricas, Propuestas de categoría y valoración de alternativas de manejo para los pinares naturales de la EFI La Palma. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Baena, M.; Larillo, S y Montoya, J.E. 2003. Material de apoyo a la capacitación en Conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y fincas. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Material producido con el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentación de España (INIA). p 20.
- Báez, R. y Diago, J. 1998. El patrimonio forestal en Cuba. Su importancia económica, ecológica y social. **Revista Cuba Forestal**. Vol. 1 (0) Publicación del sector forestal del Ministerio de la Agricultura. p 17-23.

- Ballester, M. M. 1998. Conceptos Generales sobre la Protección. San José, Costa Rica. (Documento inédito, versión preliminar).
- Betancourt, B.A. 1966. Algunos estudios y experiencias realizadas con *Pinus caribaea* Morelet en Cuba. Actas VI Congreso Forestal Mundial. Madrid. Vol. 2. p 1590-1599.
- Betancourt, B.A. 1987. Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana. Cuba. 427 p.
- Betancourt, B.A. 1999. Silvicultura Especial de de Árboles Maderables Tropicales. Nueva edición. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana. Cuba. 427 p.
- Betancourt, F.I y Villalba, M.J. 2004. La Formación de los Recursos Humanos Forestales en Cuba. **Revista Forestal Baracoa**. Vol. 1 (1). Número Especial en Saludo al III Congreso Forestal de Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 15.
- Berazaín, R; Areces, F; Lazcano, L; González, L.R. 2005. Lista Roja de la Flora Vascular Cubana. Documentos del Jardín Botánico (Gijón) 4: 1-86.
- Bequette, F. 1998. Amazonia; la llamada de la selva. **Revista El correo de la UNESCO**.
- Bosch, D.; Camacho, E. y Ruiz, J. 1980. Nuevo tipo y género de suelo Fersialítico Cubano. Agr.7. p 65-74.
- Borhidí, A. O. 1996. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. Akademiai Kiado. Budapesti. 858 p.
- Brito, C. E. B. 2000. Términos y definiciones. Grupo de vigilancia y protección del patrimonio forestal, la fauna silvestre y otros recursos naturales. Jefatura Nacional del Cuerpo de Guardabosques. Ministerio del Interior. (Inédito).
- Byran, T.D; Lowe, W.J Y Gooding, G.D. 2000. Programa de mejora genética de árboles forestales del golfo occidental. Plan de conservación genética del *Pinus taeda*. **Revista Recursos genéticos forestales**. No. 27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. p 61.

- Burley, J. 1993. Balance between development and genetic conservation In: Proceeding of international Symposium on genetic conservation and production of tropical Forest tree. Thailand. Ed. ASEAN-Canada.
- Butcher, P.A.; Glaubitz, J.C.; Moran, G.F. 2000. Aplicaciones de los marcadores microsatélites en la domesticación y conservación de árboles forestales. Revista Recursos genéticos forestales. No. 27. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 38.
- Cairo, P. y O. Fundora. 2002. Edafología. Editorial Pueblo y Educación. Tercera Edición. Ciudad de La Habana, Cuba. 476 p.
- Calero, A. 1976. Técnicas de muestreo. Estadística. Editorial Pueblo y educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 184 p.
- Carey, C.; N. Dudley and S. Stolton. 2000. Squandering Paradise? The Importance and Vulnerability of the World's Protected Areas. WWF Forests for Life Program, Switzerland.
- Caswell, H. 2001. Matriz population models. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachusetts. Disponible en : <http://www.Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm>. (Consultado 24 de Febrero, 2006).
- CITMA. 1997. Estrategia Nacional Ambiental. Agencia de Medio Ambiente. CIGEA. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. La Habana, República de Cuba. 36 p.
- CITMA. 1997. Ley de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Ed. Dirección de Política Ambiental. Ciudad de La Habana, Cuba. 55 p.
- CITMA-CIGEA. 1998. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba (material mecanografiado).
- CITMA. 2004. Sistema de Áreas Protegidas de Cuba. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD). 1992. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Nueva York. EEUU. Naciones Unidas.

- Constitución de la República de Cuba. 1992. Gaceta oficial. Editora Política. Ciudad de La Habana, Cuba. 59 p.
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). 2001. Handbook of the Convention on Biological Diversity. Londres, Reino Unido y Streling, Virginia, EEUU. Earthscan Publications Ltd.
- Colectivo de autores. 2003. Cursos de áreas protegidas de Cuba y conservación del patrimonio natural. Universidad para todos. Editorial Academia. Cuba.
- Cruz, M. C. 2002. Nuestro quehacer por un desarrollo local sustentable. Revista Se puede vivir en ECOPOLIS. Año 6. N° 6. p 15.
- Del Risco, E. y Samek, V. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sin ecológico. Editorial Academia. La Habana, Cuba. 13-25 p.
- Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su importancia histórica y característica. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. p 17.
- Del Risco, E. 2000. Tipología de Bosques. Documentos preparados para curso de Tipología de Bosques en la Maestría en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). p 7.
- Díaz, D. J.A. 2004. Situación Ambiental Pinar del Río 2003. Agencia de Medio Ambiente. 30 p.
- Díaz, D.J.A. 2006. La dimensión ambiental en la seguridad nacional. Conferencia magistral. IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río. ISBN 959-16-0408-4. Pinar del Río. Cuba.
- Dobler, G. y Torres, J.G. 1995. descripción de las especies maderables. Investigación y manejo de especies de uso común en la Sierra. Una guía técnica. República Dominicana. p 97-100.
- Domínguez, S.; Murias, G.; Herrero, N y Peñuelas, J.L. 2001. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. Junta de Andalucía S.E.C.F (eds), Actas del III Congreso Forestal de España Sierra Nevada, II. Corias Gráficas. Sevilla. p 75-871.

- Dudley, N. and S. Stolton. 1999. Threats to forest protected areas. A research report from the IUCN and the Wold Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. IUCN, Gland, Switzerland.
- Dvorak, W.S; Pérez, J.A.; Mápula, M y Reyes, V.J. 1999. Ecología y conservación del *Pinus jaliscana*. **Revista Recursos genéticos forestales**. No. 26. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. p 13.
- Eldrige, K. 1973. Progeny testing *Pinus radiata* in Australia. Proceedings of the IUFRO Stockholm. 385-395 p.
- Enciclopedia interactiva. 2000. Ecología Editorial Océano. Barcelona. España. p 1442-1462.
- Escarré, A. y Equipo Oikos-Santillana-S.A. 1997. Madrid, España.
- Escarré, A. 2003. Un sistema abierto para medir fotosíntesis y transpiración El LI-6400. Documento preparado para el Curso de Biogeoquímica para estudiantes del Doctorado Académico Universidad de Alicante/Universidad de Pinar del Río. (Documento inédito). Cuba.
- FAO. 1995. Conservación de los recursos genéticos forestales en la ordenación de los bosques. Principios y conceptos. Estudio FAO Montes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 3.
- FAO. 1999. Hacia una tensión armonizadora de los productos forestales no maderables. *Unasylva* 50 (198). p 63-64.
- FAO. 2000. Conservation of genetic resources of *Pinus merKussi* in Thailand. Technical Note No. 58. October 2000. Danida Forest Seed Centre, Humlobrek, Demmark. Roma, Italia. p 5.
- FAO. 2001a. Evaluaciones Nacionales sobre el estado de los recursos genéticos forestales y preparación de Talleres Regionales para su conservación y utilización sostenible. América Central y Sur de México. Borrador de Directrices Técnicas. p 9.
- FAO. 2001b. Taller Regional sobre Conservación, Ordenación y utilización Sostenible de los Recursos Genéticos de Bosques y Árboles. Guía para la Elaboración de los Informes Nacionales. p 7.

- FAO. 2002. Información sobre el acceso a los recursos genéticos forestales. Situación de los bosques del mundo. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Roma, Italia. p 15.
- FAO. 2003. Ordenación, conservación y desarrollo sostenible. Situación de los bosques del mundo. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas. Roma, Italia. p 13.
- FAO. 2006. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. Estudio FAO (148). Montes. Roma, Italia. 178 p.
- Febles, G. m. 2000. Gestión de los recursos naturales en función del medio ambiente. Segunda Edición. Universidad Agraria de La Habana. Ciudad de La Habana, Cuba. 147 p.
- Fernández, P. y Esquivel, J.L. Naturaleza de las Islas canarias. Editorial: Turquesa. Santa Cruz, Tenerife. Año. 2001. Disponible en: http://www.ul.es/investigación/pdf/31p_cig.pdf. (Consultado 20 de Noviembre, 2005).
- Forest Genetic Resorce Working. Group. 1991. Managing global genetic resorces: forest trees. Committee on Managing Global Genetic Resources: Agricultural Imperatives, Subcommittee on Managing Plant Genetic Resources, Forest Genetic Resources Working Group: Board on Agriculture, National Academy Press, Washington, D.C. 228 p.
- Forset, I.N and Norman, J.M. 1991. Modeling of solar irradiance, leaf energy bubget and Canopy photoosynthesis in: Photoosynthesis an Production in a Changing Enviroment: A field and Laboratory Manual D.O Mall, J.M.O. Scurlock, H. Bolhar, R.C leegood, S.P. Long (eds) London in Press.
- Fraguela, M. J.R; M. Franco, S.; J.M. Morejón, M. e I. Castillo, M. 1986. Prácticas de suelo para la especialidad de producción vegetal. Centro Universitario de Pinar del Río, Facultad de Agronomía, Dpto de Suelos y Ecología, Pinar del Río, Cuba. 97 p.
- Freund, J. E. 1960. Estadística elemental moderna. Segunda edición. Universidad del Estado de Arizona. 466 p.
- Furnier, G.R. 2004. Métodos para medir variación genética en las plantas. Manejo de Recursos genéticos Forestales. Documentos

presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de 1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal. p 21-24.

- García, Q. Y. 2001. Análisis de la variabilidad genética en pruebas combinadas de procedencias/progenies y perspectivas de mejoramiento genético forestal en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- García, Q.Y; Decoro, M.N; Álvarez, B.A y Pérez, S.M. 2004. Selección de genotipos superiores para la conservación y mejoramiento genético de ***Pinus caribaea*** var. ***caribaea***. Memorias del Congreso Forestal de Cuba. 2004. 959-246-119-8. Palacio de las Convenciones. Ciudad de La Habana, Cuba.
- García, Q.Y, Álvarez, B.A y Pérez, S.M. 2006. Análisis del efecto y calidad de las procedencias para la conservación y mejoramiento de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el ambiente de Viñales. Memorias del IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río. ISBN 959-16-0408-4. Pinar del Río, Cuba.
- Geada L.G., Kamiya K. and Harada K. 2002. Phylogenetic relationships of *Diploxylon* pines (subgenus *Pinus*) based on plastid sequence data. International Journal of Plant Science. **163**(5):737-747.
- Geada, L.G. 2003. Phylogenetic Relationships of *Diploxylon* Pines, Genetic Variation of *Pinus tropicalis* and the Cuban Pines. Tesis en opción al grado científico de PhD. Forest Resource Biology. Universidad de Ehime, Japón.
- Geada, L.G. 2004 a. Genetic variation using molecular markers at nuclear and chloroplast DNA in *Pinus caribaea* Morelet for its conservation. In: V Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Biotecnología Agrícola (REDBIO) Red Latinoamericana de Biotecnología Agrícola. REDBIO, pp500-505.

- Geada, L.G. 2004 b. Conservation genetic applied to breeding programs of tree species. *Elfos Scientiae*. **35**(4):401-409.
- Geada, L.G. 2006. Variabilidad y consanguinidad detectado a través de marcadores en poblaciones naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. ISBN 959-16-0408-4. Pinar del Río, Cuba.
- Gil, L. 2003. Conservación de los recursos genéticos forestales. Documento preparado para curso de postgrado sobre Conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos forestales. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- González, I.E. 1974. Estudio ecológico del *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. Exámen de Premínimo. Universidad de La Habana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 68 p.
- González, A; A. Mercadet y F. Moreno. 1983. Comportamiento de diferentes orígenes geográficos. **Revista Forestal Baracoa**. Vol. 5 No. 2. CIDA. Ciudad de La Habana. 18 p.
- González, A y Pérez, M.H. 1983. Comportamiento de progenies de polinización libre y controlada de un huerto semillero de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. *Revista Forestal Baracoa*. Vol. 13 No. 1. Ediciones Cubana. Ciudad de La Habana, Cuba. p 9.
- Gra, H. R. 1995a. Influencia del marco de plantación sobre el crecimiento en diámetro en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IIF. Ciudad de la Habana. Inédito.
- Gra, H. R. 1995b. Influencia del marco de plantación sobre el crecimiento en altura en *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IIF. Ciudad de la Habana. Inédito.
- Gutiérrez, B. 2003. Enfoque cooperativo para el mejoramiento genético y la conservación de los recursos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Investigación agraria. Sistema y recursos forestales*. Vol. 12 No. 3. Edición on line. p 113.

- Hamrick, J.L.; Gogt, M.J. AND Broyles, S. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plants species, *New Forests* 6. P 95-124.
- Halffter, G. 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en reservas de la Biosfera. Manuales y Tesis. SEA. Volumen 2. Zaragoza, España. 77 p.
- Hechevarria, K.O. 2005. ¿Cómo conservar los recursos filogenéticos forestales?. *Revista Agricultura Orgánica*. Año 11. No.1. ACTAF. p 8.
- Hedrick, P.W; Parker, K.M and Lee, R.N. 2001. Using microsatélite and MHC variation to identify species, ESUs, and MUs in the endangered Sonoran topminnow. *Molecular Ecology* 10. p 1399-1412.
- Hernández, A.J; Ascanio M.O; Carrera R.A; Morales D.M; Medina B.N. 2002. Nuevos aportes a la clasificación de suelos en el ámbito nacional e internacional. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con World Referente Base. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. INCA, MES. Cuba.
- Hernández. A, y Morales. M, 2003. Cambios globales en los suelos. Nuevo paradigma en la Agricultura y la pedología en Cuba. Conferencia. Maestría de Ciencias del suelo. UNAH. La Habana, Cuba.
- Hernández. A. 2003. Fundamentos de Geografía del Suelo. Conferencia. Maestría de Ciencias del suelo. UNAH. La Habana, Cuba.
- Hernández, G.L. 2005. Introducción a la Ecofisiología vegetal. Libro de Botánica On line. Material didáctico elaborado por Dpto de Botánica. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/-rubenhq>. (Consultado 15 de Enero, 2006)
- Herrero, J.A. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal hasta el año 2020. **Revista Forestal Baracoa**. Número Especial en saludo al III Congreso Forestal de Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 3.
- Herrero, J. A. 2006. El Sector Forestal en Cuba. Actualidad y Perpectivas. Conferencia magistral. IV Simposio Internacional sobre

Manejo Sostenible de los Recursos Forestales. Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río. Cuba.

- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. Boletín Técnico. IPGRI. No. 8. Roma, Italia. p 2.
- Hoeland, B.S. and Hodfield, M.G. 2002. Islands within an island phylogeography and conservation genetic of the endangered Haweaiian tree snail *Achatinella mustetina*. Molecular Ecology 11. p 365-375.
- Holsinger, K.E and Gottieb, L.D. 1991. Conservation of rare and endangered plants: principles and prospects, in genetic and conservation of rare plants (Folk, DA AND Holsinger, K.E, eds.). Oxford University Press. p 195-223.
- IPGRI. 2003. Conservación *in situ* de la Diversidad vegetal. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Jaula B., J. A. 2002. Algunos problemas sociales de la protección del medio ambiente frente al reto del desarrollo sustentable. Documento preparado para cursos de postgrados. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba.
- Johnsen, K.H and Seiler, J.R. 1996. Growth, shoot phenology and physiology of diverse seed sorces of black spruce: I. Seedling responses to varied atmospheric CO₂ concentrations and photoperiod Tree Physiol. 16. p 367-373.
- Johnsen, K.H y Major, J.E. 2004. Técnicas ecofisiológicas en la evaluación de germoplasma. Manejo de Recursos genéticos forestales. Documentos presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de 1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal. p 159.
- Kanashiro, M. y Thompson, I.S. 2002. Valores de la conservación y gestión forestal: El Proyecto Dendrogene en la Amozonía Brasileña. EMBRAPA. Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales. Unasyiva. No. 209. Vol. 53. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3582s/y3582s06.htmlhp1> O. (Consultado 20 de Mayo, 2004).

- Kemp, R.H. 2005. Conservación de recursos genéticos en la ordenación de bosques tropicales. Depósito de Documentos de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/u6010s/u6010s08.htm>. (Consultado 12 de Enero, 2005).
- Krutovskii, K y Neale, D. 2001. La genómica forestal para la conservación de la diversidad genética adaptable. **Revista Recursos genéticos forestales**. No. 29. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 7.
- Kremer, A. 2002. Divesité génétique et variabilité caracteres phenotypiques chez les arbres forestiers. Genetic selec. Evol. 26: 1: p 105 - 123.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Cooperación Técnica. República Federal de Alemania. 335 p.
- Leal, G. C. 2000. Ciencia de la conservación en América Latina. Revista Interciencia. Vol. 25. No.3. p 129-132.
- Ledig, T.F. 1986. Conservation strategies for forest gene resources. For. Ecol. Manage. 14. p 77-90.
- Ledig, T.F. 2004. Conservación y manejo de Recursos genéticos Forestales. Manejo de Recursos genéticos forestales. Documentos presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de 1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal. p 3.
- León, C.J. 2002. Nuevas perspectivas para el uso del agua y la gestión de los recursos vegetales en la cuenca del Río Cuyaguaje. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
- Leyva, A. 2001. Mesa Redonda Informativa sobre Medio Ambiente y Biodiversidad.
- Li, P.J y Bousquet, J. 1992. Genetic diversity in Canadian hardwood: implications for conservation. For. Chron. 68. p 709-719.

- Little, E. JR; K.W, Dorman. 1974. Slash pine (*Pines elliotti*) including south Florida Slash pine: nomenclature and description. U.S.Forest Serv., Southeastern Forest Exp. Sta. p 36.
- Lobo, J.M. 2001. Métodos para medir la diversidad biológica. Manuales y Tesis. SEA. Volumen 1. Zaragoza, España. 86 p.
- López, A. 1978. Valor taxonómico del número de agujas por fascículos en los pinos cubanos. Revista Ciencias Biológicas. No. 2. Ciudad de La Habana, Cuba. p 51.
- López, A. 1979. Algunas características epidérmicas de las agujas en los taxones endémicos cubanos del género *Pinus* (Coniferales: Pinacea). Revista Ciencias Biológicas. No. 3. Ciudad de La Habana, Cuba. p 70.
- López, A. 1982. Variabilidad del género *Pinus*: Coniferales, Pinacea. Acta Botánica. Academia de Ciencias de Cuba. Ciudad de La Habana, Cuba. p 3-43.
- Louman, B; Quirós, D y Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Lozet J. y Mathieu, C. 1986. Dictionnaire de Science du Sol. Ed. Lavoisier. 269 p.
- Machado, C.G. 2002. Diseño de Inventario Forestal continuo para la ordenación sostenible de los bosques pluvisilvas de montaña en Guantánamo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Mapa de suelos. 1983. II Clasificación genética de los suelos. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Cuba.
- Marrero, A; Renda, A. y Calzadilla, E. 1998. Comportamiento de ***Pinus caribaea* var. *caribaea*** Morelet en diferentes tipos de suelos. Revista Cuba Forestal. Vol. 1 No. 0. p 39-40.
- Mayedo, B.S. 2006. Caracterización del estado actual, dinámica y conservación de las poblaciones naturales de ***Pinus caribaea* var. *caribaea***. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Forestal. Universidad de Pinar del Río. Dpto Forestal.

- Matheson, A.c.; Spencer, D.J.; Nyakuengama. 1999. Breeding manual for properties in radiata pine. Genetic of radiate pine. Eds. IUFRO. FRI Bulletin No. 203. 58 p.
- Medina, M. 2006a. Principales atributos fisiológicos que se utilizan en el análisis de calidad de las plantas. Documento preparado para el Diplomado de Reforestación. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). p 2.
- Medina, M. 2006b. El agua y el estado de estrés hídrico en los vegetales. Documento preparado para el Diplomado de Reforestación. Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba. (Documento inédito). p 2.
- Meng, F. And P.A. Arp. 1993. Net photosynthesis and stomatal conductance of red spruce twigs before and after snow detachment. Can. J. For. Res. 23: p 716-721.
- Mercadet, A.; Sotolongo, P.; Echevarria, P.; Hidalgo, E.; Rodriguez, E.; Martínez, J.A.; Suárez, E. 1990. Estudio de procedencias de *Pinus caribaea* III. Evaluación de los potenciales productivos de 6 sitios y 13 orígenes geográficos. Boletín Técnico Forestal. No.2. Publicación Semestral del Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 2.
- Mercadet, A.; Marquetti, J.R; Álvarez, A; Pérez, M.H; Echevarria, P.; Hidalgo, E.; Ortiz, O; Rodríguez, E.; Romeo, P.; Ávila, B.; Parada, D.; Yero, L.; Sotolongo, P.; Martínez, E.; Marisma, H.; González, A.; Echevarria, O.; Hernández, A. y Paredes, L. 2001. Introducción de especies y procedencias en Cuba: Resultados y proyecciones de investigación en la. Recursos genéticos forestales. No. 29. FAO. Roma, Italia. 4 p.
- MINAGRI. 1981. Normas ramal. Suelos, Análisis químicos. Reglas generales, Dirección de Normalización, Metrología y control de calidad. 53 p.
- MINAGRI. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editorial Científico Técnico. Ciudad de la Habana, Cuba. 133 p.

- MINAGRI. 1984. Suelos de la provincia de Pinar del Río. Editorial Científico Técnico. Ciudad de La Habana, Cuba. 176 p.
- MINAGRI. 2006. Dirección de Recursos Humanos. Delegación territorial de la Agricultura en Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba.
- Montenegro, G.; Segura, B. y Mujica, A.M. 1981. Xeromorfismo en especies arbustivas. An. Mus. Hist. Nat. 1471: 83.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis. SEA. Volumen 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Morteit J.L and Unsworth, M.H. 1990. Principles of Environmental Physics. 2 nd. Edn. Edward Arnold London.
- Moritz, C. 1994. Applications of mitochondrial DNA analysis in conservation a critical review. Molecular Ecology 3. p 401-411.
- Moritz, C. 1998. Comparative phylogeography and identification of genetically divergent areas for conservation. Molecular Ecology 7. p 419-429.
- Moritz, C. 2002. Strategies for Protect Biological Diversity and the Evolutionary Processes that Sustain It. Systematic Biology 51 (2). P 238-254.
- Newton, A.C; All Nutt TP; Pilles ACM; Lowe AJ and Ennos RA. 1999. Molecular phylogeography , intraespecific variation and conservation of tree species. Trends in Ecology and Evolution 14 (4). p 140-145.
- Obregón, A. y Morleno, F. 1991. Características de los suelos de las Alturas de Pizarras, Pinar del Río. Primer Taller Científico sobre el desarrollo integral de las montañas y la utilización de los recursos forestales. Resúmenes. Pinar del Río. 7 p.
- Oliet, P.J. 2001. Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Cordova, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p.
- Orellana, R. y Escanilla. J.A. 1991. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. CICY. 250 p.
- Ordieres B., L. 2003. Editorial. Transporte desarrollo y medio ambiente. Vol. 23. N° 1.

- OIMT. 2006. Estado de la ordenación de los Bosques tropicales. 2005. Informe de síntesis. **Revista Actualidad Forestal Tropical**. N^o 1. Edición especial. OIMT. p 4.
- Palmberg, L.C y Hald, S. 2000. La ordenación de los recursos genéticos forestales. Situación y desafíos. Revista Unasylva. FAO. Vol. 51. No. 203. p 27-33.
- Palmberg, L.C. 2001. conservación de la diversidad biológica forestal de los recursos genéticos forestales. Revista Recursos genéticos forestales. No. 29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 25.
- Parra, E.; Becerril, E.; López, C. 1990. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos de manzano Goleen delicious injertado sobre portainjertos clonales. Disponible en: **http://www.bioline.org.br/reques?at02053**. (Consultado 14 de Mayo, 2006).
- Pérez, S. M. 1990. Estudio de descendencias de *Pinus caribaea* en la localidad Marbajita, Pinar del Río. **Revista Forestal Baracoa**. Vol. 2. No. 2. CIDA. Ciudad de La Habana. p 43.
- Pérez, S. M. 1997. Perfeccionamiento de los programas de mejora genética de las principales especies forestales para mejorar los suministros de semilla de calidad superior para los planes de reforestación. Informe final del proyecto. 3 p.
- Pérez, S.M; A. González y P. Echevarria. 2000. Avances en la mejora genética de *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* Barret y Golfari, en la República de Cuba. Segundo Simposio sobre Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias. Santo Domingo, República Dominicana. 18-22 Octubre, 1999. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 101 p.
- Picó, F.X. 2003. Desarrollo, análisis e interpretación de los modelos demográficos matriciales para la Biología de la Conservación. Revista Científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Año XI, No.3. Disponible en:

<http://www.Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm>.

(Consultado 16 de Febrero, 2006.)

- Prodan, M; Peters, R; Cox, F. y Real, P. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo sostenible. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 586 p.
- Renda, S. A; Herrero, J.A y Plasencia, P.T. 2004. La Hidrología Forestal. **Revista Forestal Baracoa**. Número Especial en saludo al III Congreso Forestal de Cuba. Vol. 1 (1). Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de La Habana, Cuba. p 51.
- Rogers, D. 2002. Models off genetic conservation plans. In situ genetic conservation of Monterey pine (*Pinus radiata* Don): Information and recommendations. Published by Genetic Resources Conservation Program. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Report No. 26.
- Sáenz, G. y Finegan, B. 2000. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. Manejo forestal tropical. No. 15. 8 p.
- Samek, V. 1967. Panorama general sobre la silvicultura de los pinares de Cuba. **Revista Agricultura**. Academia de Ciencias de Cuba. p 89-98.
- Samek, V. y Del Risco, E. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio ginecológico. Editorial Academia. ACC. 13-19 p.
- Salam, Q.A. 1999. Estado de los Recursos genéticos forestales en la zona de Sahel y e el norte de Sudán de África. Revista Recursos Genéticos Forestales. No. 27. FAO. Roma, Italia. p 30.
- Saquete, A y Lledó, M.J. 2005. Seguimiento de variables ecofisiológicas en plantaciones de *Pinus halapensis* Millar, en un ciclo de secado. ¿Puede encontrarse diferente comportamiento en plantones producidos con diferentes substratos?. Actas de la I Reunión sobre Ecología, Ecofisiología y suelos forestales. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. No. 20. p 135-140.
- Servicio Estatal Forestal Pinar del Río. Dinámica Forestal. 2005. Delegación Territorial del Ministerio de la Agricultura. Pinar del Río, Cuba.

- Servicio Estatal Forestal. 1999. Ley Forestal, su reglamento y contravenciones. Dirección Forestal. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. 93 p.
- Scherr, S., White, A., Khare, A. 2004. Por los servicios prestados. **Revista Actualidad Forestal Tropical**. Vol. 12. N^o 2. Organización Internacional de Maderas Tropicales. Yokohama, Japón. p 15.
- Soekotjo, C.H y Bart, A.T. 2001. Conservación genética y plantaciones. *Actualidad Forestal Tropical*. Boletín de la Organización Internacional de Maderas Tropicales. Vol. 9 No.3. p 9.
- Socarrás, R. A.; Chamizo, L. A.R; Rivaltes, G. Vilma. 2003. La biodiversidad en Cuba. Suplemento especial. Curso preparado sobre conservación de biodiversidad en Cuba. Grupo de Edición Editorial Academia. Instituto de Ecología y Sistemática. Ciudad de La Habana, Cuba. p 4-27.
- Sprich, L. 1996. Taxonomía actual y distribución natural del género *Pinus* en el caribe. **Revista Forestal Centroamericana**. No. 16. CATIG. 25 -28 p.
- Surós, R.E. 2005. Bases teórico metodológicas para determinar las dimensiones de las Unidades de Base. Estudio de caso: Unidad Macurije. Tesis presentada en opción al Grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 93 p.
- Templeton, A.R. 2001. The meaning of species and speciation A genetic perspective. Senauer Associates. Molecular Ecology. p 3-27.
- Thomson, L.; Graudal, L.; Kjaer, E. 2002. Selección y ordenación de áreas de conservación genética in situ para especies elegidas. Conservación y ordenación de recursos genéticos forestales en bosques naturales ordenados y áreas protegidas in situ. No. 2. FAO. Danida Forest Seed Centre. IPGRI. Roma, Italia. p 5.
- Toledo, R. 2004. Grado de antropización y manejo forestal en relación con la diversidad y abundancia de las comunidades de aves en la cuenca del río Cuyaguatzeje. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales. Mención Manejo del Bosque. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

- UICN. 1994. Directrices sobre Clases de Ordenación de las Áreas Protegidas. UICN/WCPA y WCMC, Gland, Suiza.
- UICN. 1998. Lista de Áreas Protegidas de Naciones Unidas 1997. Elaborado por WMCM y WCPA. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, RU.
- Urquiza, M. 2002. Compendio Manejo Sostenible de los Suelos. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/deselac/downloads/Compendio%20Manejo%20Sostenible%20de%20suelos.pdf>. [Consultado 22 de Marzo, 2006].
- Varona, J.C. 1982. Fomento de plantaciones de pino. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 102 p.
- Valdés, N. R. 2003. Efecto de la tala rasa sobre la vegetación leñosa en los ecosistemas de pinares en la U.S perteneciente a la EFI La Palma. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Programa de Doctorado cooperado Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
- Willan, K.; K. Olesen y H. Barner. 1995. La variación natural como base del mejoramiento genético forestal. Nota de clase No.3. Humleback, Dinamarca. Abril de 1993. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Tomo I. PROSEFOR. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 15-16 p.
- Villa, S.A y Benoit, C.I. 2005. Planes Nacionales de Conservación del Quele y Pitao. Editora OGRAMA S.A. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Chile. 43 p.
- Villar, S.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I.; Domínguez, S.; Revilla, I. 1997. Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántulas de *Pinus halapensis* Mill. Sometidas a diferentes niveles de endurecimiento por estrés hídrico. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 4. España. p 81-92. Disponible en: <http://www.mma.esconservat/acciones/meora/genet/serranillo/enderucimiento.ph1.pdf>. (Consultado 25 de Febrero, 2005).
- Villar, S.; Ocaña, L.; Peñuelas, J.; Carrasco, I. 1998. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the

- nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halapensis* Mill (Aleppo pine) seedlings. *Annales des Sciences Forestieres*. España. p 45.
- Yanchuk, A. 2001. Nueva publicación de la FAO, El IPGRI y el el CSFD: Conservación y ordenación de recursos genéticos forestales en bosques naturales ordenados y áreas protegidas (*in situ*). **Revista Recursos genéticos Forestales**. No. 29. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. p 53.
 - Yang, R.C and Yeh, F.C. 1992. Genetic consequences of *in situ* and *ex situ* conservation of forest trees. *For. Chron.* 68: 720-729.
 - Young, A.G y Charke, G.M. 2000. Genetic, demography and viability of fragmentes populations. Cambridge Univesity Press. Disponible en: <http://www.Aeet.org/ecosistemas/023/investigación2htm>. (Consultado 24 de Febrero, 2006).
 - Zheng, Y.Q; Ennos, R.A. 1999. Genetic variability and structure of natural and domesticate population of Caribbean Pine. *Pinus caribaea* Morelet theoretical Eppleed Genetics. 98: 765-771.
 - Zobel, B. y Talbert, J. 1988. Técnicas de Mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 531 p.

Anexo 1

Entrevista a especialistas del sector forestal

Objetivo: Determinar las principales causas que han provocado la pérdida de los bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Guía de entrevista

Como es conocido la diversidad de los árboles forestales se conserva idealmente *in situ* en las poblaciones naturales, sin embargo estas poblaciones se encuentran amenazadas por diferentes causas. En que medida considera usted que han incidido cada una de las causas que a continuación se mencionan en la pérdida de bosques naturales de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Marque con una X en una escala de 1 a 3 según su criterio, atribuyendo que el número 1 significa nula incidencia en la pérdida de bosques naturales, el 2 poca incidencia y el 3 indica que la causa incide en la pérdida de estos areales.

Causas

Incendios forestales 1____ 2____ 3____

Aprovechamiento forestal 1____ 2____ 3____

Talas ilegales 1____ 2____ 3____

Conversión de otros usos de las tierras 1____ 2____ 3____

Huracanes 1____ 2____ 3____

Pastoreo 1____ 2____ 3____

Mal manejo 1____ 2____ 3____

Anexo 2

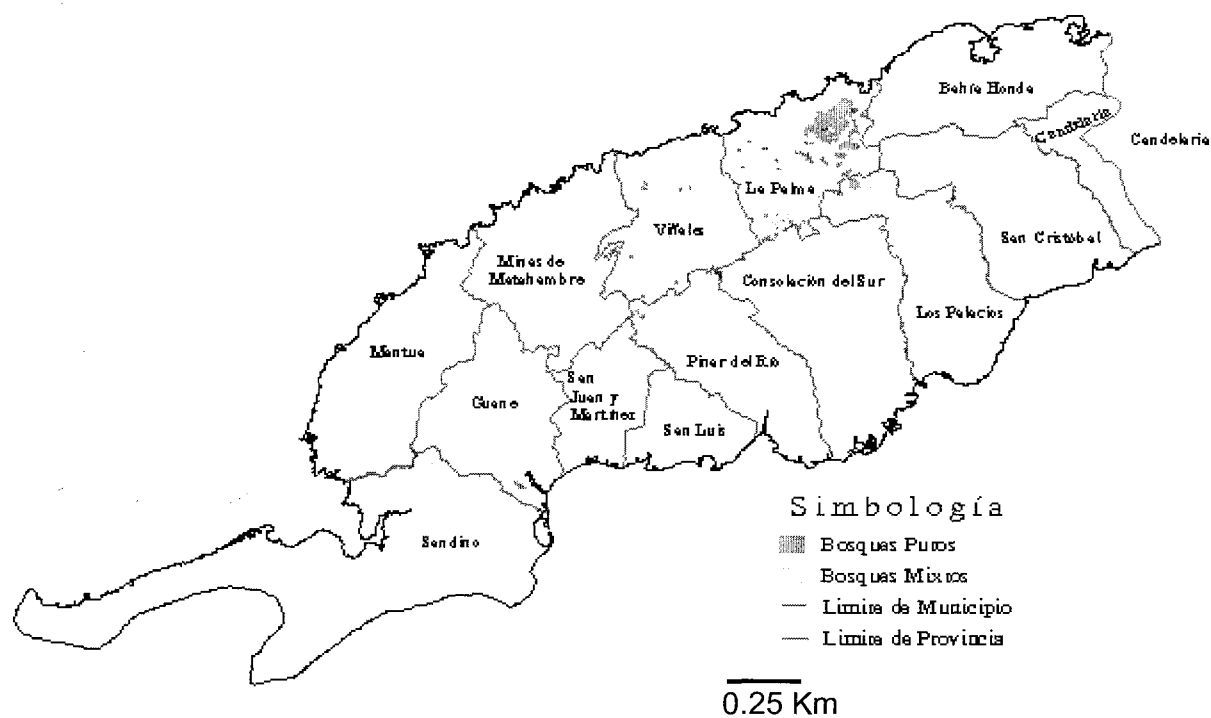
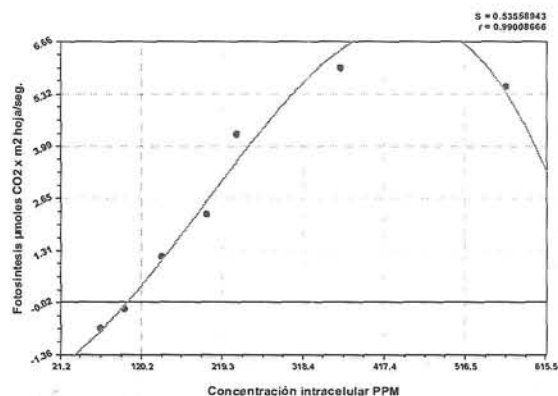


Figura 2. Ubicación geográfica de las áreas naturales de la especie.

Anexo 3



Polinomio 3er grado

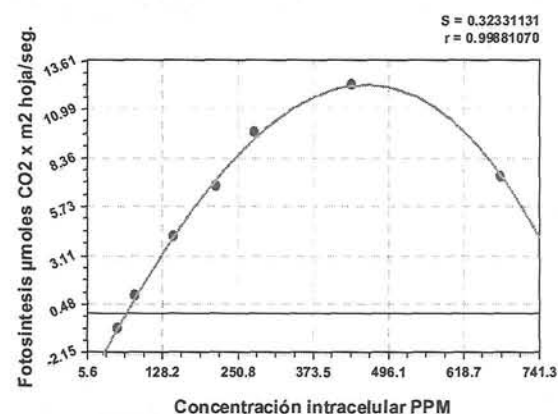
$$y=a+bx+cx^2+dx^3$$

$$a = -18.90$$

$$b = 0.01$$

$$c = 8.51$$

Figura 18. Curva de CO₂ (primer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).



Polinomio 3er grado

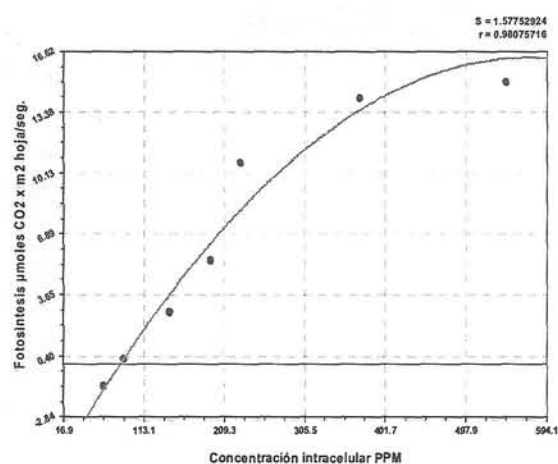
$$y=a+bx+cx^2+dx^3$$

$$a = -42.59$$

$$b = 0.06$$

$$c = -4.66$$

Figura 19. Curva de CO₂ (segundo individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).



Ecuación cuadrática

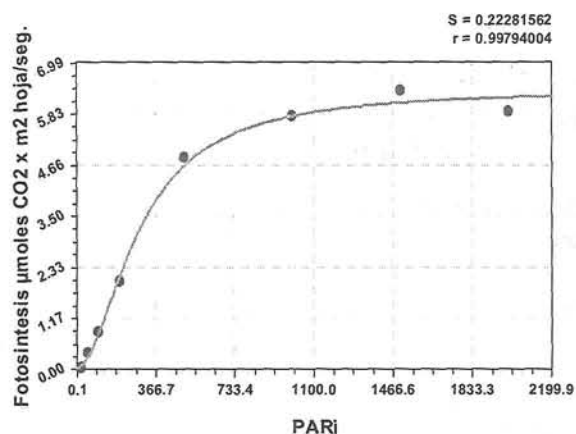
$$y=a+bx+cx^2$$

$$a = -61.65$$

$$b = -0.08$$

$$c = -6.84$$

Figura 20. Curva de CO₂ (tercer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

**MMF Model**

$$y = (a \cdot b + c \cdot x^d) / (b + x^d)$$

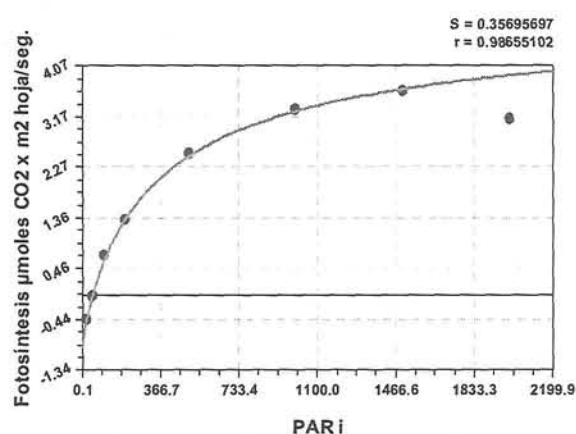
$$a = 0.05$$

$$b = 30.87$$

$$c = 63.86$$

$$d = 18.20$$

Figura 22. Curva de saturación de luz (primer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

**MMF Model**

$$y = (a \cdot b + c \cdot x^d) / (b + x^d)$$

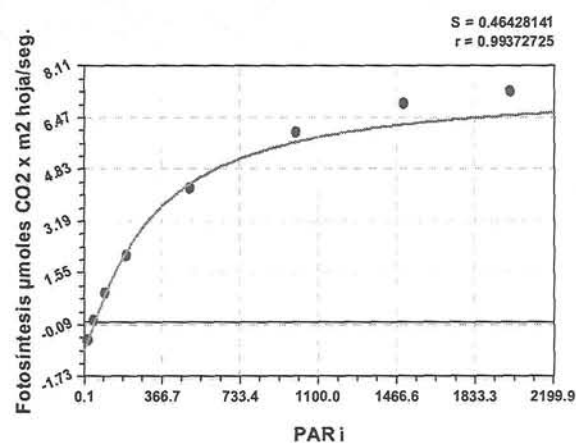
$$a = -0.94$$

$$b = 13.76$$

$$c = 5.07$$

$$d = 0.84$$

Figura 23. Curva de saturación de luz (segundo individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).

**MMF Model**

$$y = (a \cdot b + c \cdot x^d) / (b + x^d)$$

$$a = -0.92$$

$$b = 74.86$$

$$c = 74.4$$

$$d = 11.55$$

Figura 24. Curva de saturación de luz (tercer individuo de *Pinus caribaea* var. *caribaea*).